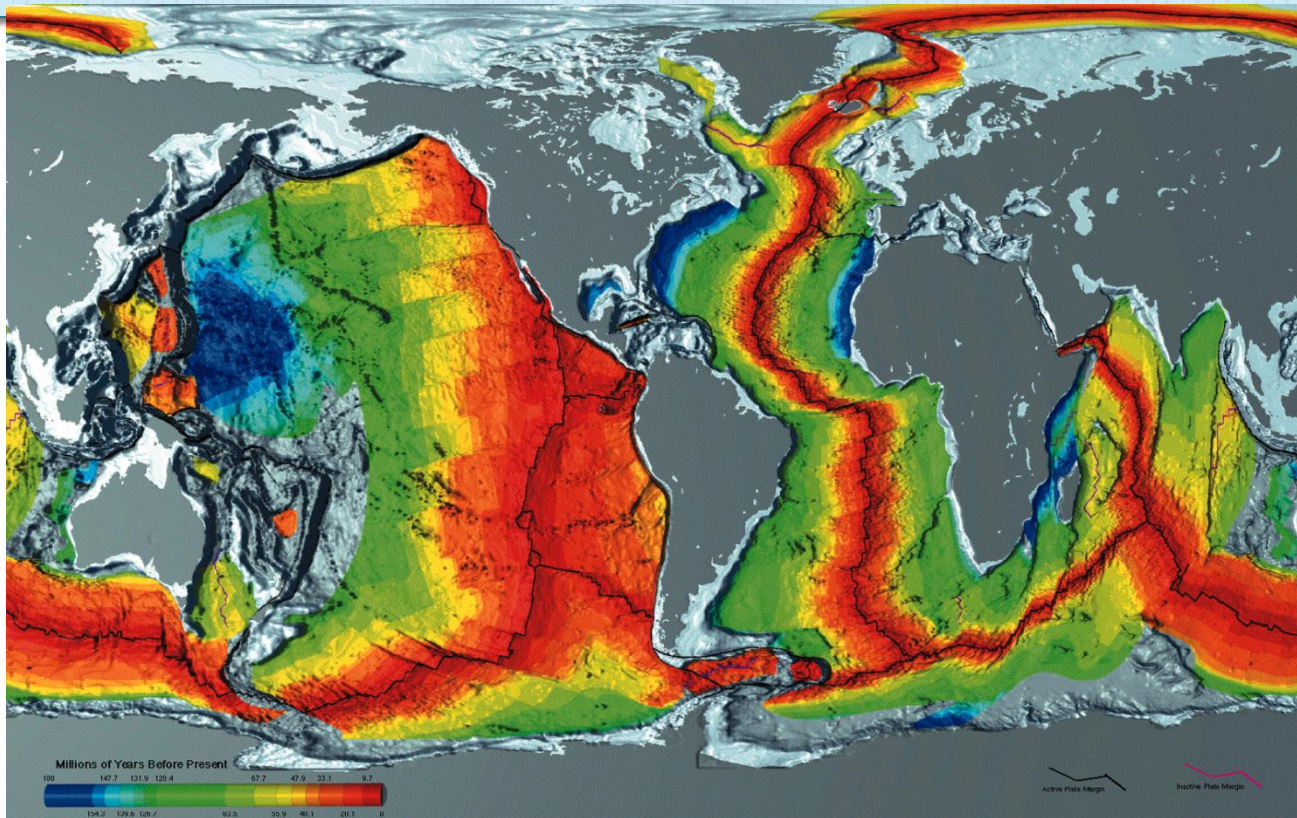


Dinámica litosférica

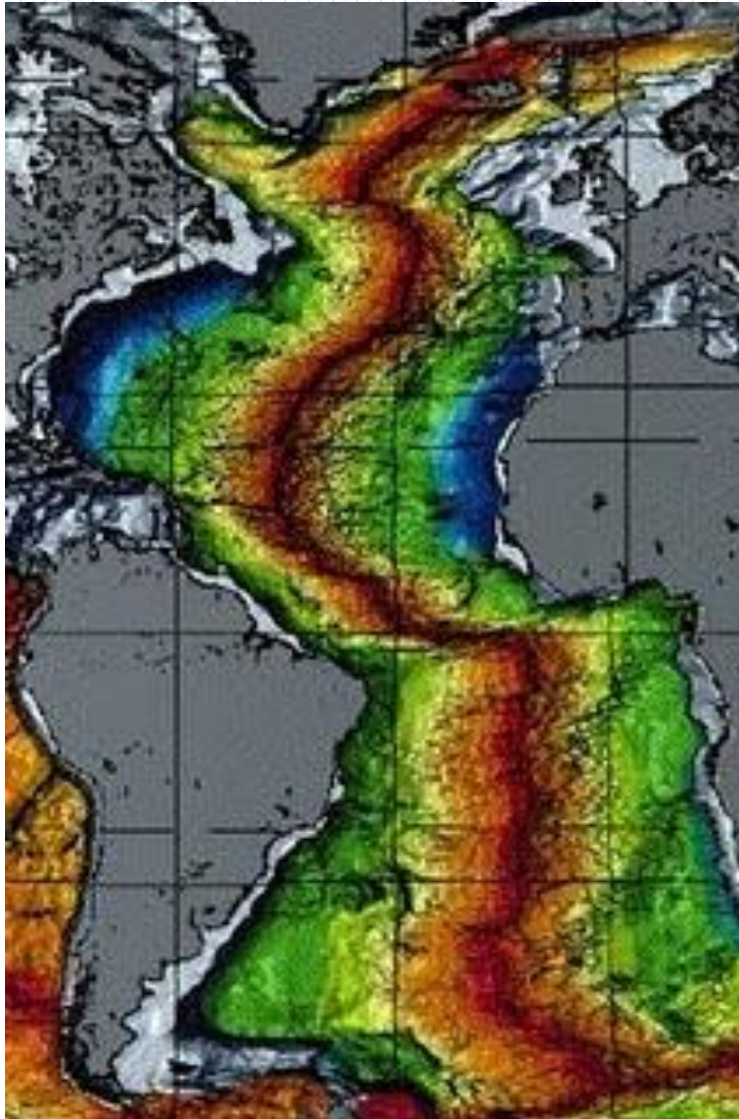
Tema 15

Punto de partida: **Un fondo oceánico novo e a raias**



- Onde se sitúan os de menor idade? Onde os máis antigos?
- Como se pode explicar a distribución que presentan estes fondos oceánicos?
- Que idade teñen os fondos máis antigos?
- Nos continentes son moi frecuentes rochas con máis de 4.000 m.a. e, aínda que moi pouco abundantes, atópanse algunhas con máis de 3.000 m.a. Dirías que se reciclan máis rápido os continentes ou os fondos oceánicos?

Punto de partida: **Un fondo oceánico novo e a raias**



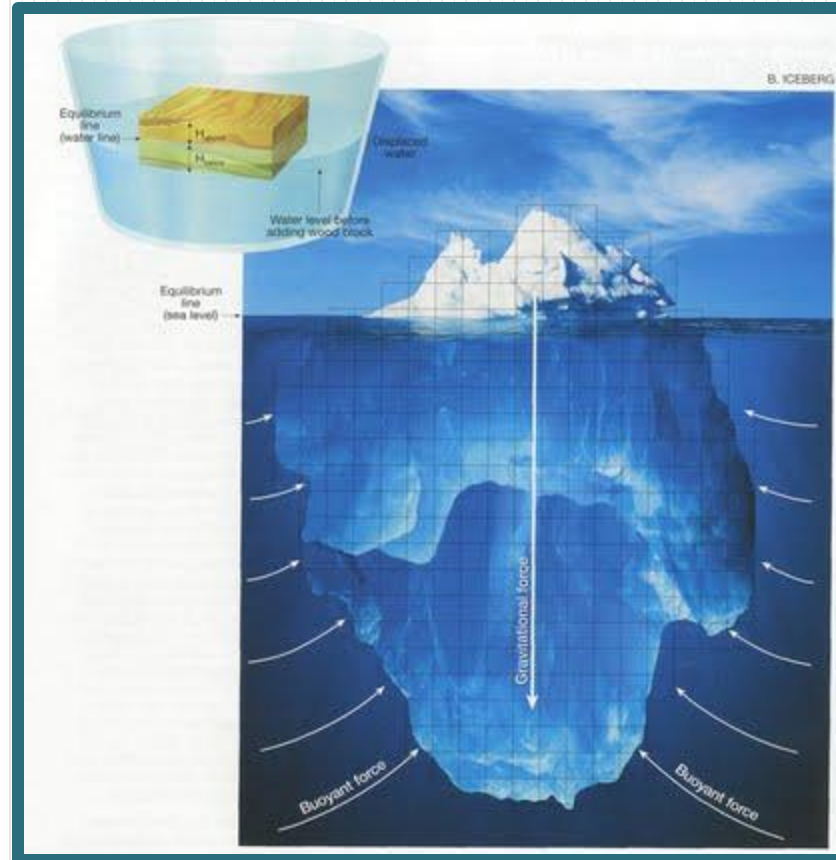
- a. **Onde se sitúan os de menor idade? Onde os máis antigos?** Os fondos máis novos están no centro do océano e os fondos máis antigos están nas beiras continentais
- b. **Como se pode explicar a distribución que presentan estes fondos oceánicos?** A súa distribución é simétrica con respecto á dorsal, porque esta dorsal xera fondos oceánicos en ambas direccións e a un ritmo aproximadamente igual (circunstancia que non sempre se dá).
- c. **Que idade teñen os fondos máis antigos?** De 154 a 180 m.a.
- d. **Nos continentes son moi frecuentes rochas con máis de 4.000 m.a. e, aínda que moi pouco abundantes, atópanse algunhas con máis de 3.000 m.a. Dirías que se reciclan máis rápido os continentes ou os fondos oceánicos?** Os fondos oceánicos

Os movementos verticais. Equilibrio isostático

A Xeoloxía clásica defendía que os continentes eran estruturas fixas.

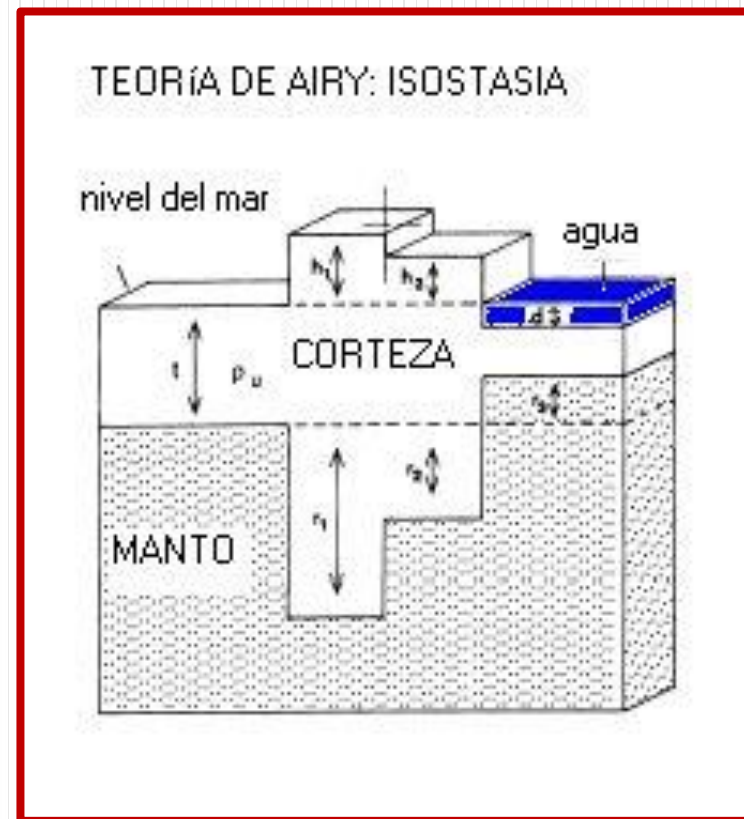
Hai século e medio comprendeuse que os continentes estaban sometidos a movementos verticais de elevación e de descenso.

Aínda se tardaría un século máis para admitir que tamén se desprazaban horizontalmente

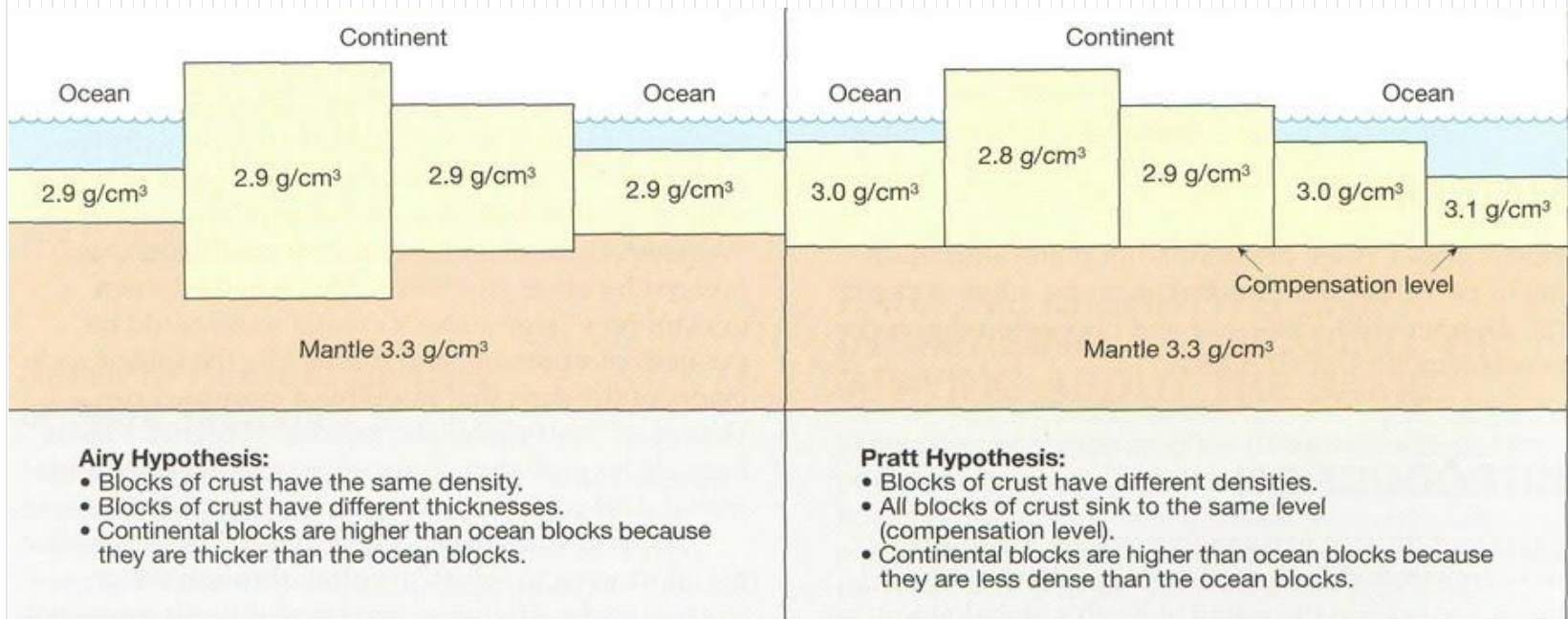


Movements verticais

- Os materiais terrestres están distribuídos en capas de densidade crecente: vai aumentando da Códia ao Núcleo.
- O grosor da Códia non é igual en todos os puntos, en xeral, as zonas máis altas teñen Códias máis profundas.
- A mediados do século XIX, George Airy sinalou: **“A Códia compórtase como si estivese constituída por bloques de materiais pouco densos que “flotan” sobre outros máis densos”**. Para Airy, as cordilleiras eran semellantes a “icebergs”, só amosan unha parte do seu volume: nas cordilleiras a Códia é máis profunda.

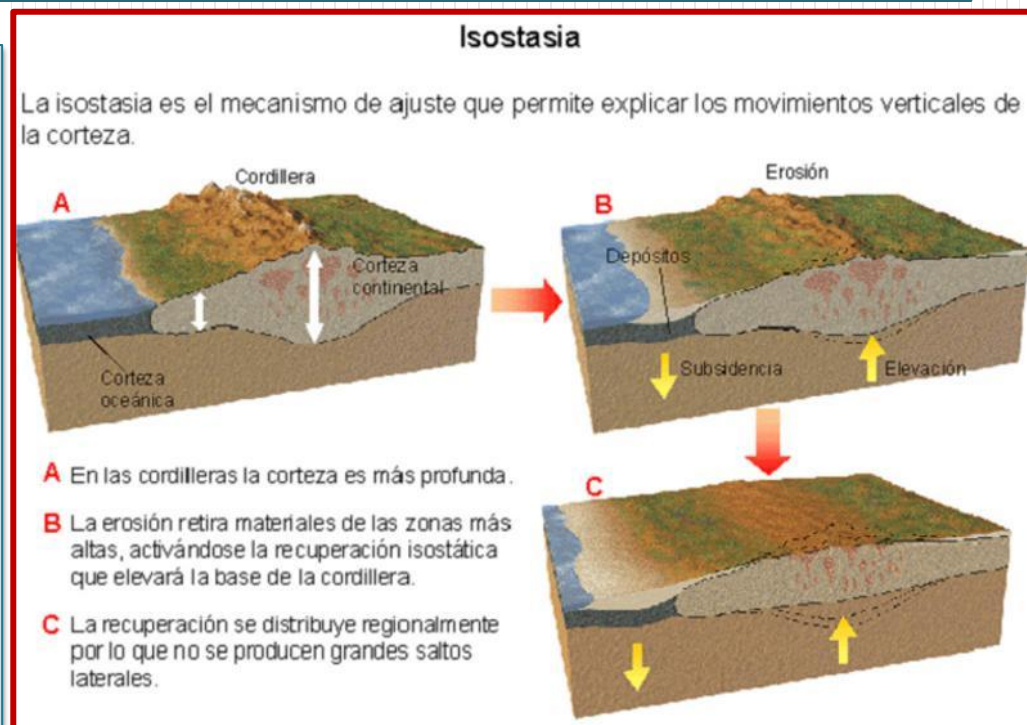


2 Hipóteses da Isostasia

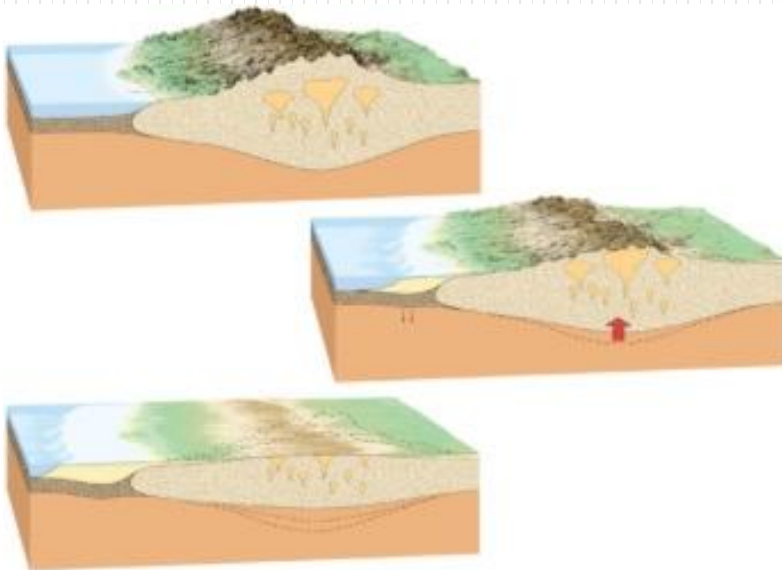
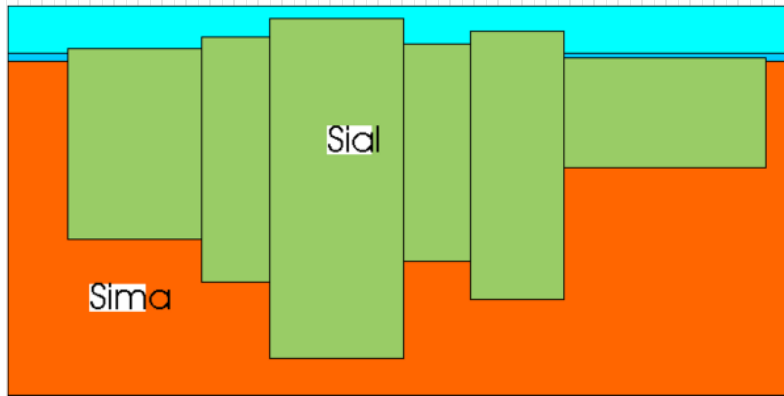


Isostase

- En 1892 (XIX), **Dutton** deu o nome de **ISOSTASE** (=equilibrio) ao mecanismo de axuste que permite explicar os movementos verticais da **Cordia**. Segundo este modelo:
 - a. Se unha zona se sobrecarga, afundiríase
 - b. Mentres que se se descarga, elevaríase
- Isto será similar ao que veríamos nun recipiente onde flotan bloques de madeira na auga, as súas elevacións e descenso réxense polo principio de Arquímedes



Isostasia



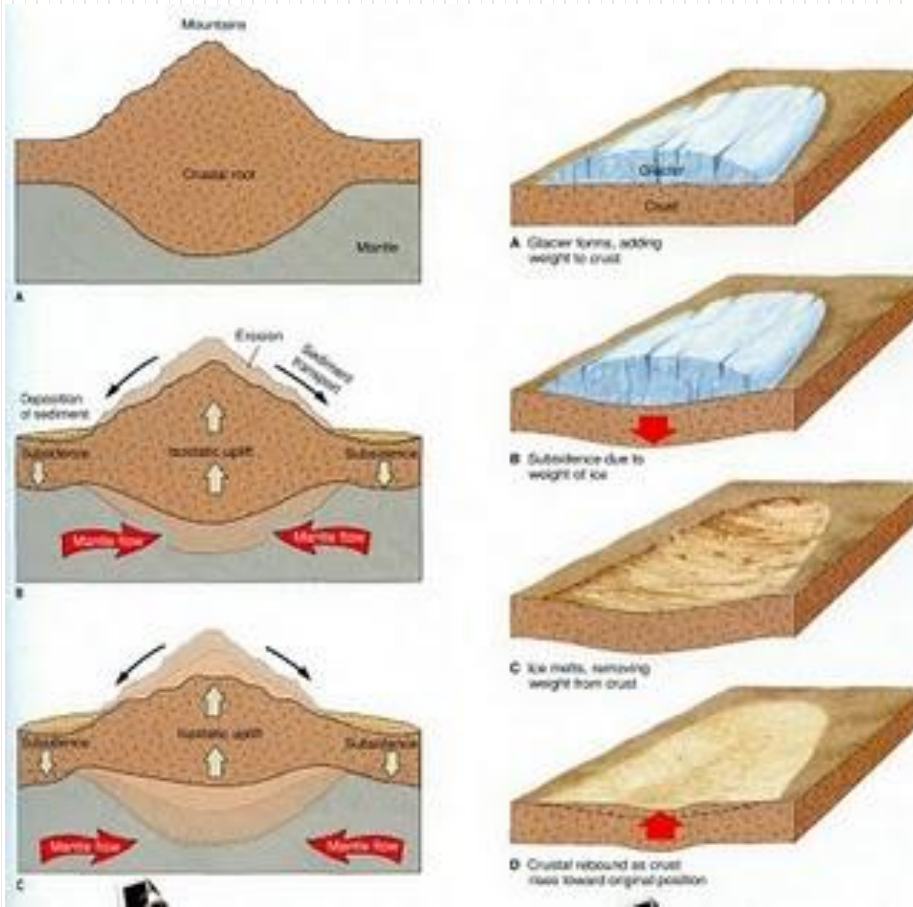
- A Isostasia é unha teoría anterior a Teoría da Tectónica de Placas: o mecanismo proposto continúa sendo necesario para xustificar os movementos de elevación e descenso da Litosfera.
- Dende unha perspectiva actual hai que facer 3 aclaracións: →

1º.- Os axustes isostáticos son moi lentos



Por exemplo, na península escandinava acumulou enormes cantidades de xeo durante a última glaciación. A fusión do xeo motivou o ascenso isostático desa zona, pero a glaciación rematou hai 10.000 anos, pero aínda hoxe segue a elevarse en busca do equilibrio isostático.

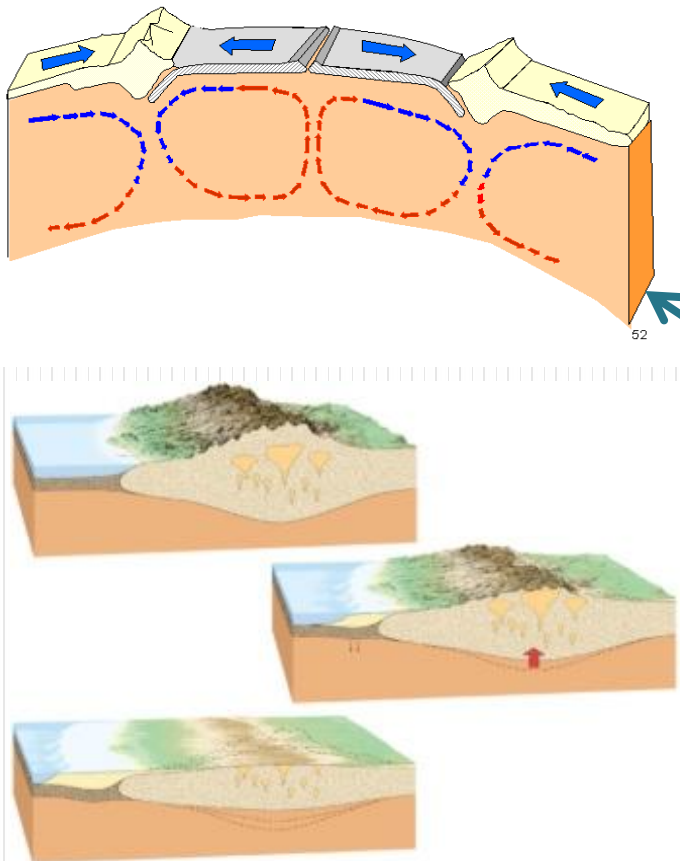
2º.- O equilibrio isostático non se alcanza de forma local senón a escala rexional



- A Litosfera, a pesar da súa rixidez, non sube ou baixa ríxidamente como anacos de madeira, senón que se arquea ao ser sobrecargada, así distribúese o esforzo, afectando gradualmente as distintas zonas dunha rexión.
- A litosfera responde:
 - Ríxidamente ante esforzos laterais
 - Pero arquéase se o esforzo é vertical. Ex. o sobrecargarse

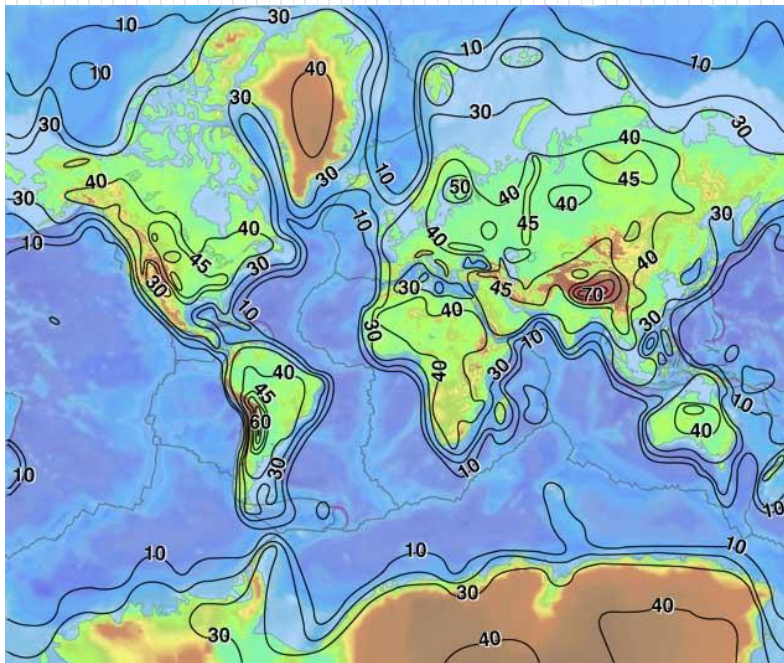
3º.- a escala de tempo xeolóxico, os materiais do Manto teñen comportamentos propios dos fluidos

Las corrientes de convección



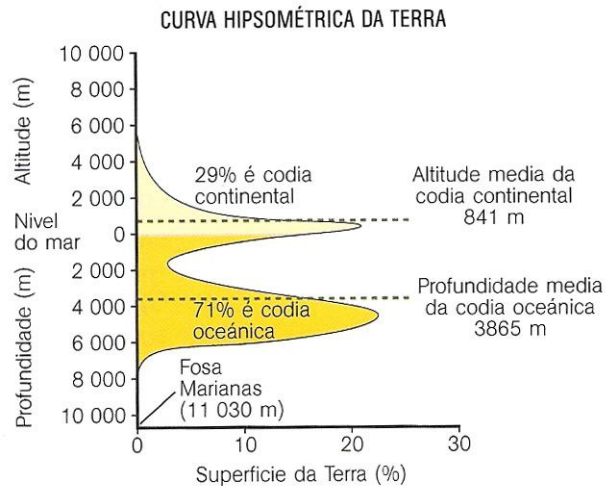
- Se o Manto Superior Sublitosférico é sólido, **como pode “flotar” a Litosfera nel?**:
 - As altas presións e temperaturas fan que, a escala de tempo xeolóxico, os materiais do Manto teñan comportamentos propios dos fluidos (danse as correntes de convección)
 - Outro é a capacidade para restablecer o equilibrio isostático de acordo co principio de Arquímedes, sempre que se consideren períodos de tempo extensos.

Os dous chanzos do relevo terrestre



- Entre os cumes máis altos (8.000 m) e as fosas oceánicas máis profundas (11.000 m debaixo do nivel do mar), hai uns 20.000 m de desnivel.

Os dous chanzos no relevo terrestre

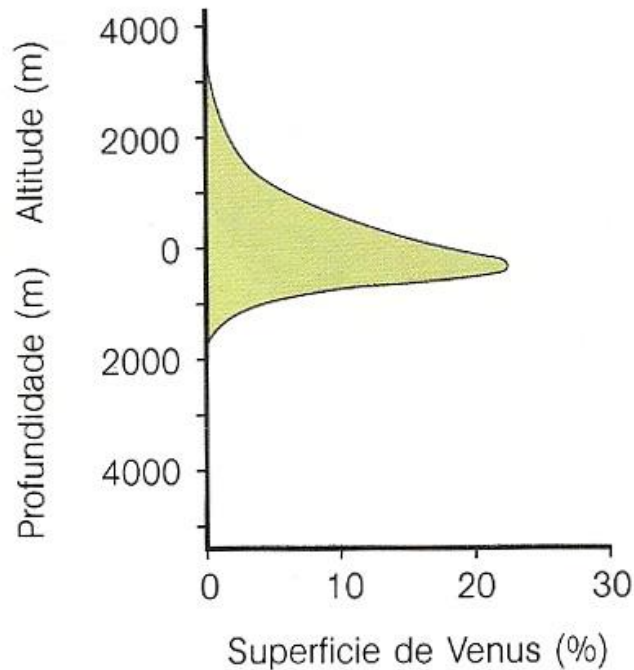


- Se se representa a porcentaxe de superficie terrestre que se atopa a cada altitude, obtense unha gráfica chamada “CURVA HIPSOMÉTRICA”.
- A análise da curva hipsométrica amosa (como era de esperar), que son pouco frecuentes os valores extremos (ex. Altitudes superiores a 5.000 m sobre o nivel do mar ou profundidades maiores aos 7.000 m) pero tampouco son moi frecuentes as altitudes medias (arredos dos 2.000 m).
- Observamos na gráfica que:
 - A maior parte da **Codia continental** encóntrase de **400 a 1.000 m de altitude**
 - A maior parte do **fundo oceánico** está entre **-4.000 m e os -5.000 m**.
- Hai, polo tanto, 2 grandes chanzos no relevo terrestre:
 - Un para a **Codia continental**, formada por materiais pouco densos e grosos
 - O outro para a **Codia oceánica**, integrada por materiais máis densos e delgados.

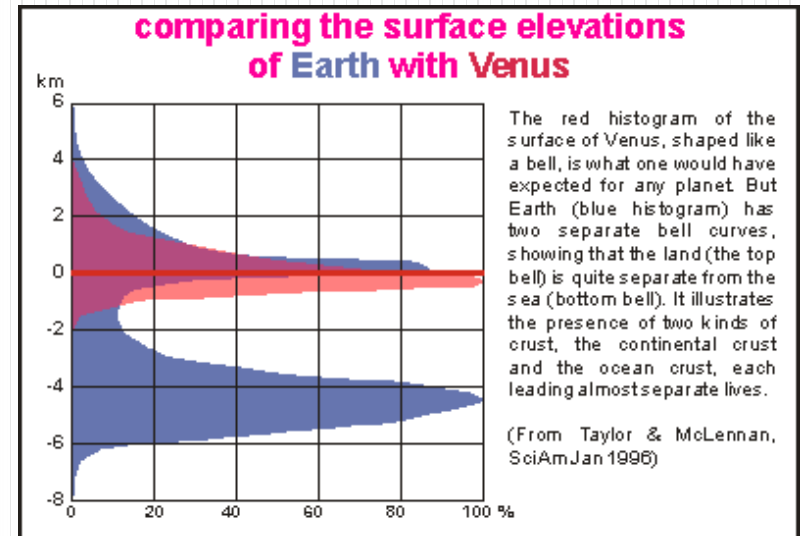
A altitude que alcanza cada zona é aquela á que encontra o seu equilibrio isostático.
- Ademais das causas dos movementos de elevación e descenso dos Continentes, a Tª da Isostasia permite explicar o trazo máis importante do relevo terrestre, a existencia de océanos e continentes.
- Así:
 - **As zonas con Codia grossa e pouco densa (2'7 g/cc) son Continentais**
 - **As zonas con Codia delgada e algo máis densa (3'1 g/cc) son Oceánicas**
 - Canto máis grossa sexa a Codia, tanto máis alta e profunda será. Así **todo proceso que incremente o grosor da Codia, fará que alcance maiores altitudes.**

Actividade práctica, pax. 271

Como é a Códia de Venus?



Comparación da Códia terrestre coa de Venus



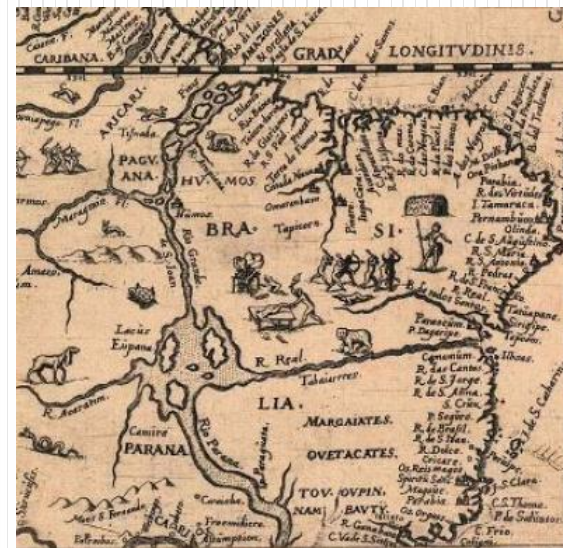
As primeiras ideas Mobilistas



- As teorías que sosteñen que os continentes **non** cambiaron a súa posición ó longo da Historia da Terra son as **TEORÍAS FIXISTAS**.
- As Teorías que sosteñen que os continentes cambiaron de posición ao longo da historia da Terra son as **TEORÍAS MOBILISTAS**. A Historia das Ideas Mobilistas está inevitablemente unidas ao libro “**A orixe dos Continentes e Océanos**” (1.915) de **Alfred Wegener**, no que defendía que os continentes se desprazaban

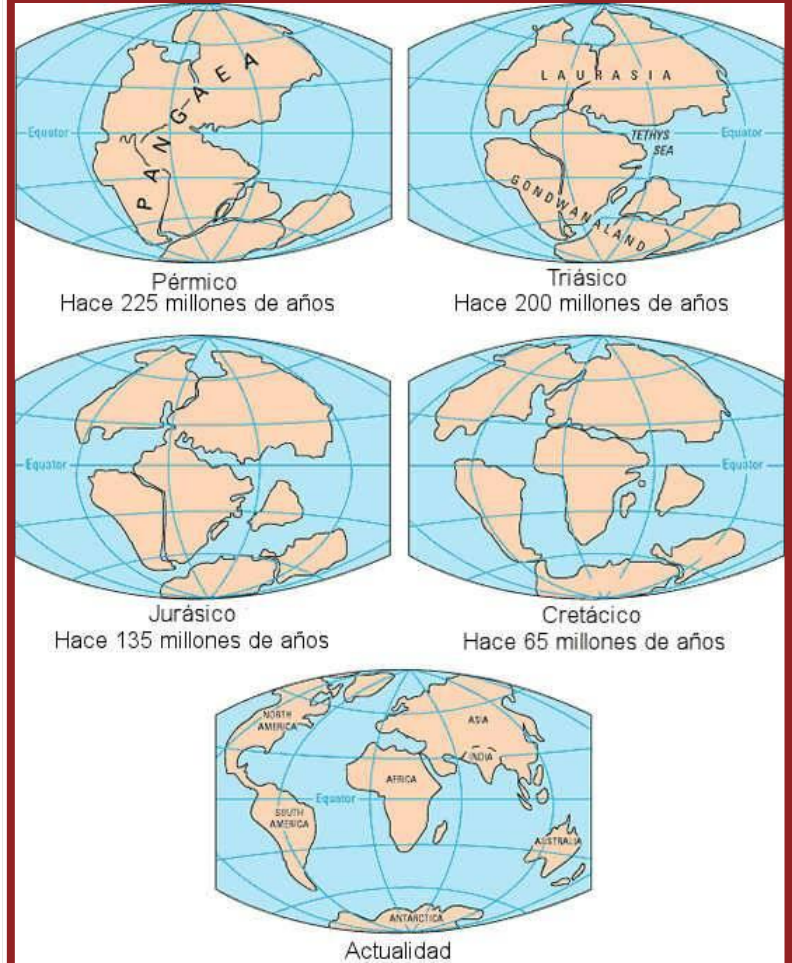
Precedentes das ideas mobilistas de Wegener

1. A **COMPLEMENTARIEDADE** entre as costas de África e Sudamérica foi detectada tralos grandes viaxes dos séculos **XVI** e **XVII**, cando se elaboraron os 1º mapas do mundo que xa incluían América. Francis **Bacon** (1.620) comentaba o parecido.
2. A principios do século XIX, Alexander von **Humboldt**:
 - Sorprendeuse pola complementariedade das costas de unha e outra beira do Atlántico
 - Sinalou a continuidade dalgunhas formacións rochosas africanas e sudamericanas.
3. O precedente máis claro foi Frank **Taylor** (1.910), que publicou un traballo na que exponía a Hipótese da Mobilidade continental. O punto de partida era a forjma e distribución das cordilleras de Asia e Europa. Supuxo que a Cordia se desprazara de Norte a Sur, este desprazamento e as colisións orixinarían as Cordilleiras.



Teoría da Deriva Continental

- Para Wegener tódas as terras emerxidas estarían unidas antes, formando un gran continente chamado **PANXEA**.
- Os continentes actuais serían o resultado da división de Panxea e desprazamento dos fragmentos que a integraban.
- A idea da mobilidade non é nova, pero a novidade era que foi sostida por gran cantidade de datos:
 - a. Argumentos xeográficos
 - b. Argumentos paleontolóxicos
 - c. Argumentos xeolóxicos
 - d. Argumentos paleoclimáticos
 - e. Argumentos estruturais ou tectónicas
- Os argumentos de Wegener foron sostidos por datos coñecidos, para que avalasen a súa teoría.
- Os argumentos ou probas son: →



a.- Argumentos xeográficos

- O punto de partida foi a forma dos continentes, que permitía encaixarlos coma as pezas dun crebacabezas.
- Para algúns científicos, o encaixe era máis aparente que real.
- Wegener argumentou que procesos coma a erosión costeira ou os contínuos cambios no nivel do mar impedían que o axuste fose perfecto, pero se se lles engadía a plataforma continental, o resultado non admitía dúbidas.



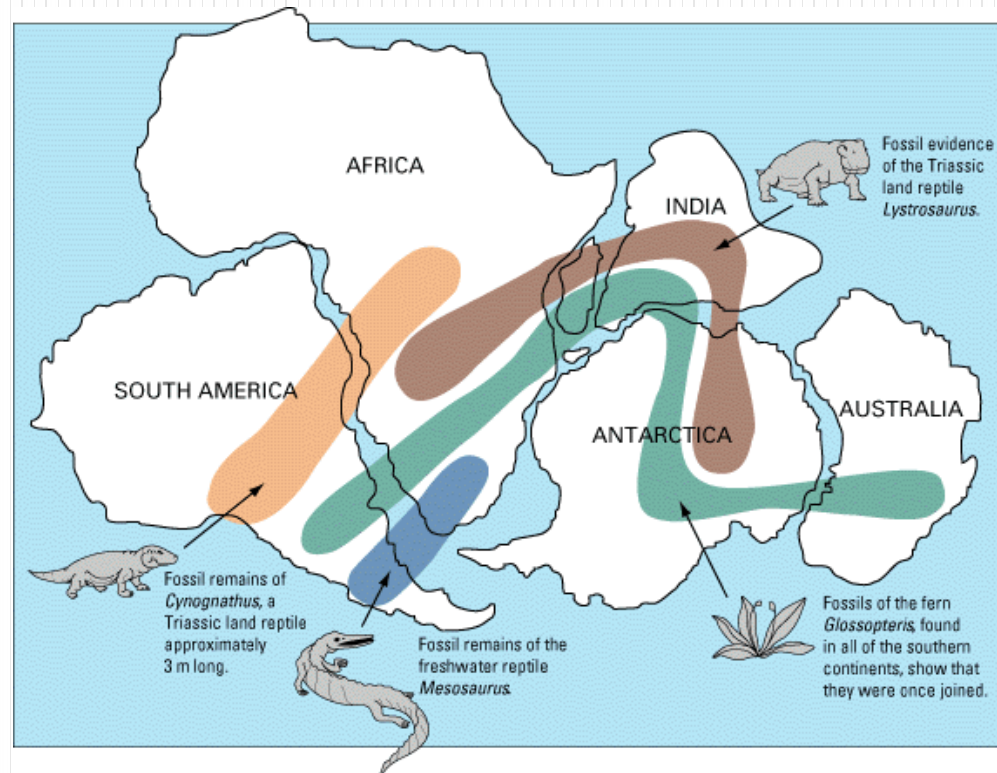
a.- Argumentos xeográficos



Fig. 12.2.- ACQPLAMIENTO DE LOS CONTINENTES llevado a cabo por Sir EDWARD BULLARD mediante un ordenador, utilizando como línea de contacto la profundidad media del talud continental. Hay áreas donde los continentes se solapan (en negro) y algunas huecos (en blanco).

b. - Argumentos paleontolóxicos

- Wegener estudiou a distribución de moitos fósiles:
 - *Mesosaurus* (réptil, 270 m.a.) viviu nos ríos de Sudamérica e África.
 - *Lystrosaurus* (réptil mamiforme, algo posterior) viviu en África, India e Antártida
 - *Glossopteris* (vexetal, 300-250 m.a.) viviu en Sudamérica, África, India, Antártida e Australia.
- Sinalou que se fosen certas as Teorías Evolucionistas, non podía explicarse a presenza simultánea das mesmas especies en lugares tan separados, resultaba imprescindible que estas estiveran unidas antes.



b.- Argumentos paleontológicos

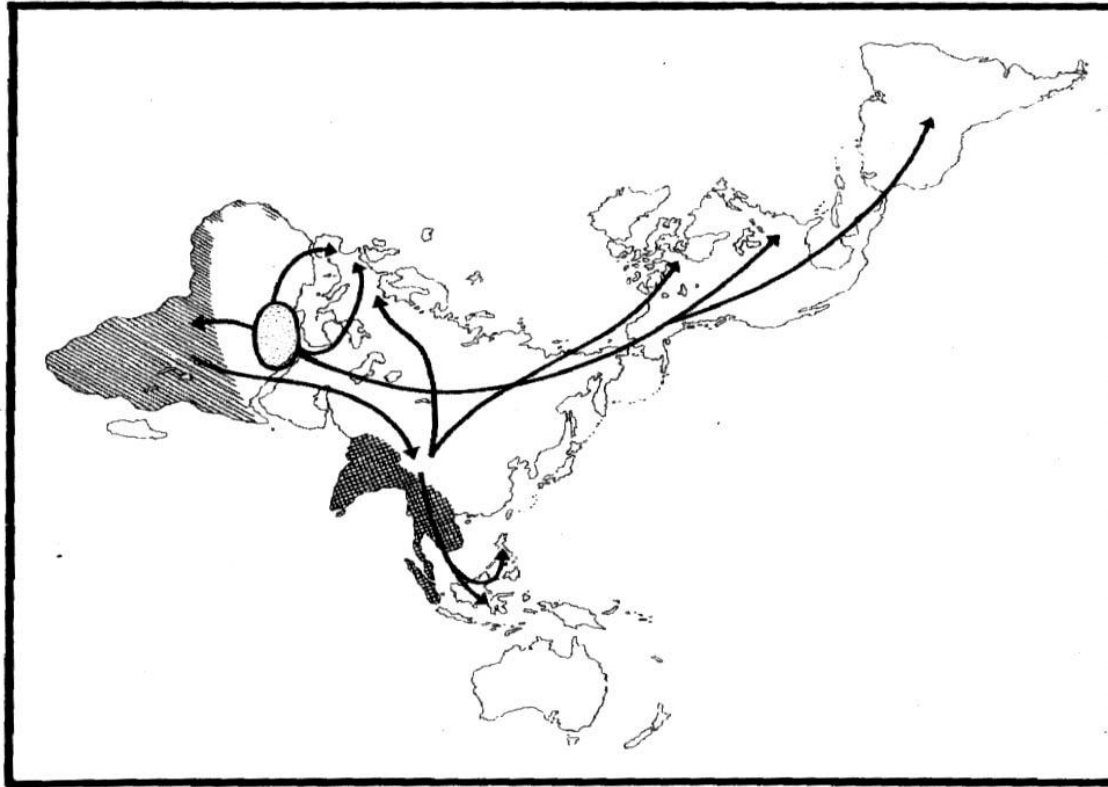
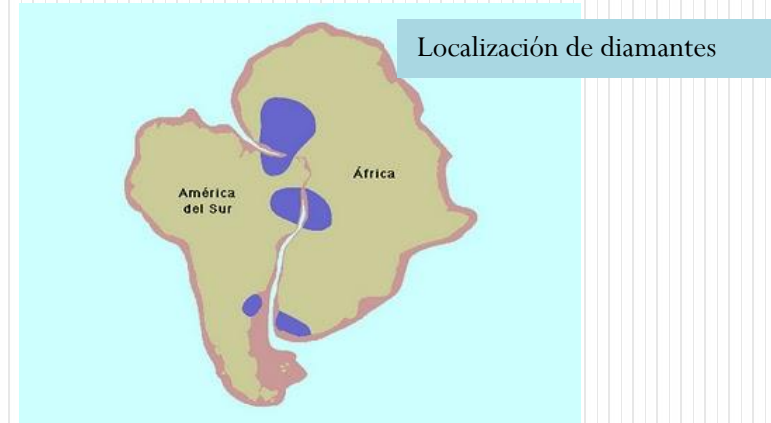


Fig. 12.6. – Mapa de la dispersión de los elefantes. El óvalo punteado indica el lugar donde se originaron. Las flechas, las vías de dispersión. Las zonas rayada y cuadrículada, los únicos lugares donde actualmente se encuentran. Si no hubiesen estado unidos los continentes tal dispersión no habría tenido lugar por constituir el mar una barrera geográfica para la dispersión de estos animales.

c.- Argumentos xeolóxicos

- Analizou cordilleiras e outras formacións xeolóxicas en ambos os dous lados do Atlántico. A continuidade existente nas máis antigas fixo que afirmase a continuidade das mesmas



c.- Argumentos xeolóxicos



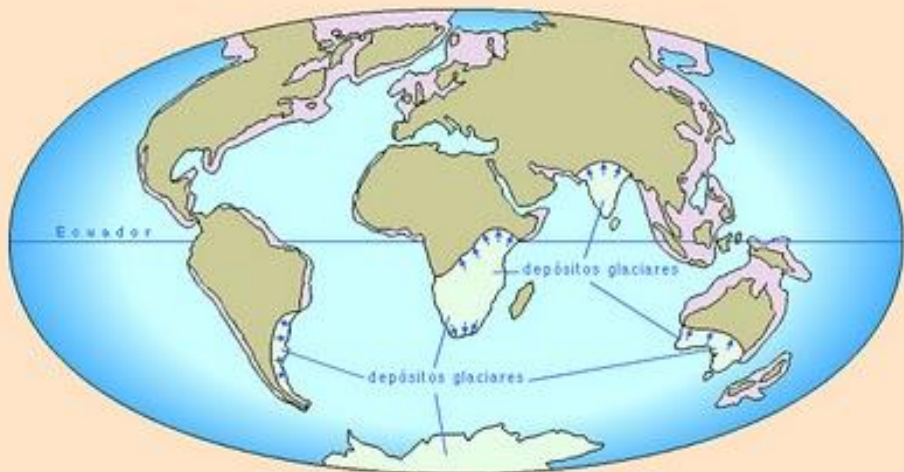
Fig. XIII-9. — Una de las principales razones en que se apoya la teoría de WEGENER, sobre los desplazamientos continentales, es la correspondencia entre las formaciones geológicas entre Suramérica y Africa, tal como puede verse en este croquis geológico. Sin duda, se trata de dos fragmentos del Continente de Gondwana, que estuvieron unidos antes de existir el Atlántico. (Según Du Toit). Además, recientemente, la determinación de edades absolutas por métodos radiactivos, llevada a cabo por P. M. HURLEY, ha puesto de manifiesto la existencia de un contacto (línea gruesa del croquis) entre terrenos cuya edad geológica es de 550 m.a. al Este (Macizo Pan-Africano) y de 2.000 m.a. al Oeste (Macizo Ebúrneo). Este contacto se prolonga a ambos lados del Atlántico y ha sido localizado también en Brasil.

d.- Argumentos paleoclimáticos

- Existencia de depósitos glaciares (tillitas) da mesma antigüidade en lugares hoxe afastados



d.- Argumentos paleoclimáticos



Planisferio actual mostrando la distribución de los depósitos glaciares con cerca de 300 millones de años

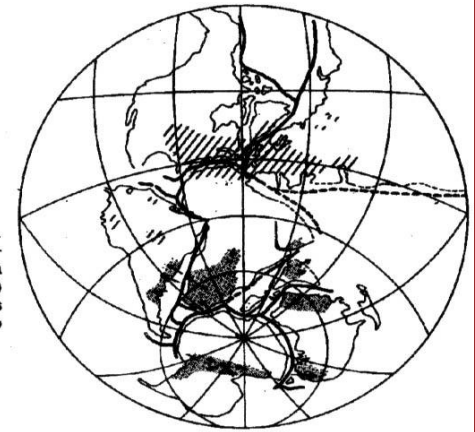


Fig. 12.5.—Hace entre 300 m.a y 250 m.a. existieron desiertos cálidos y selvas tropicales (zona rayada) donde hoy existe clima frío, y casquetes glaciares (en punteado) donde existen hoy climas tropicales. Las flechas indican la dirección de movimiento de las masas de hielo en aquella época.

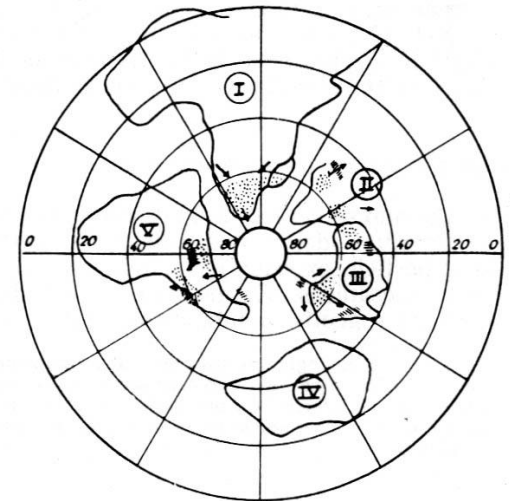
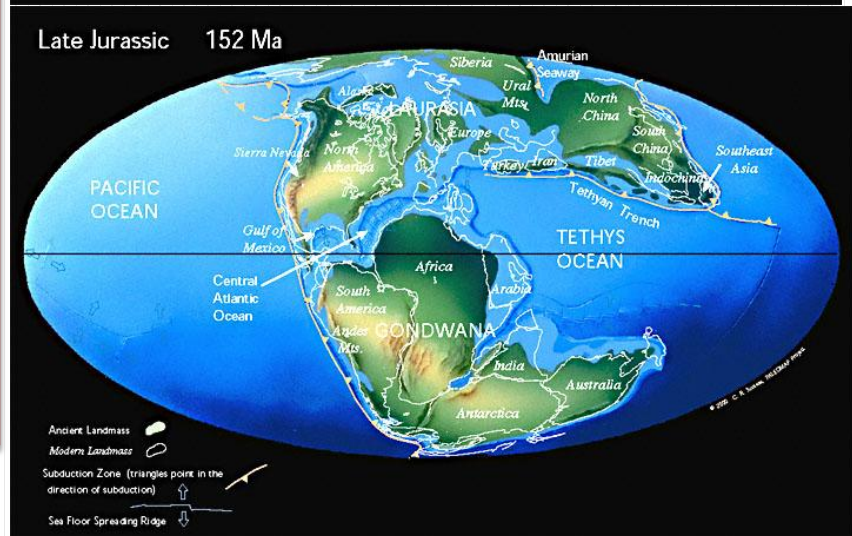
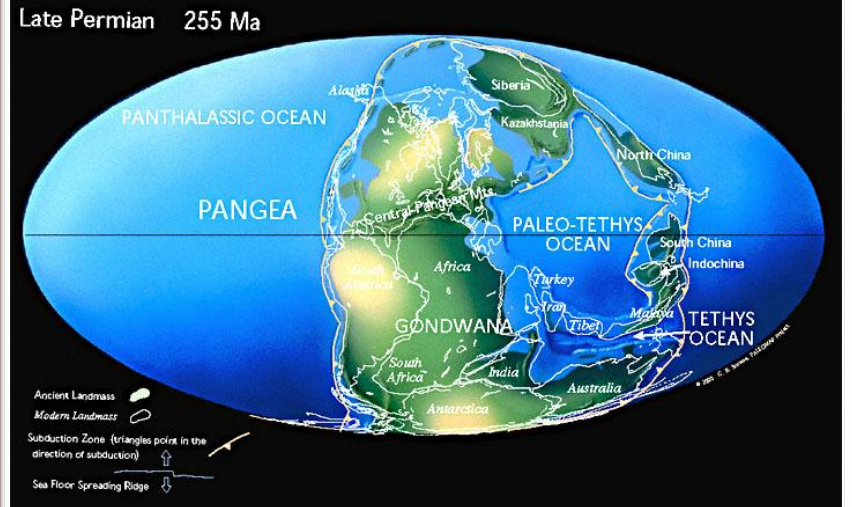
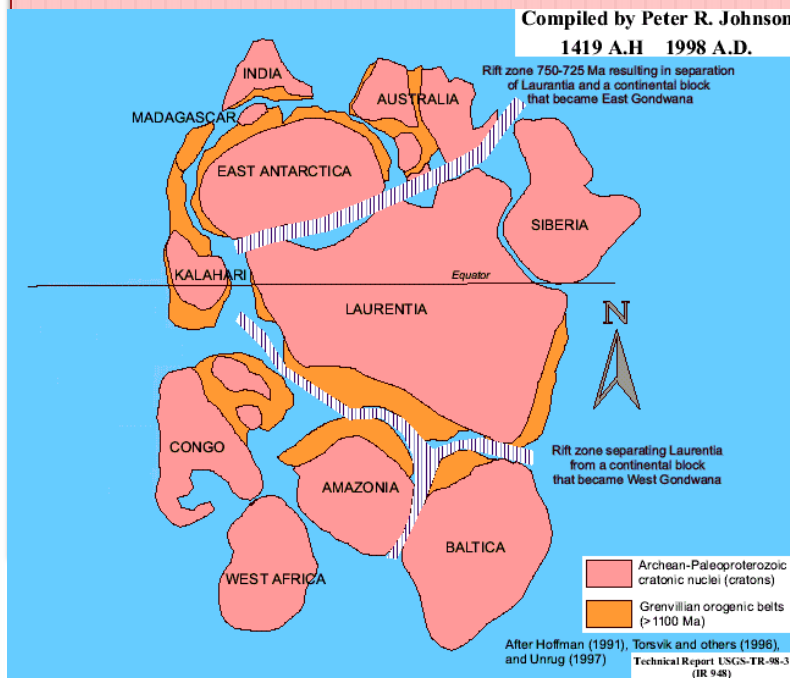


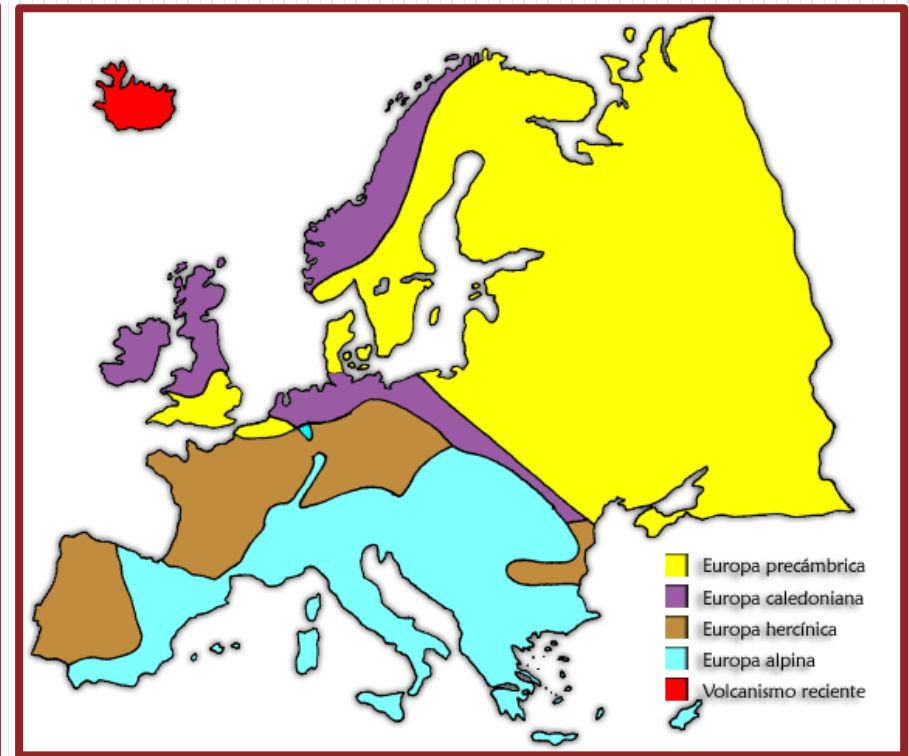
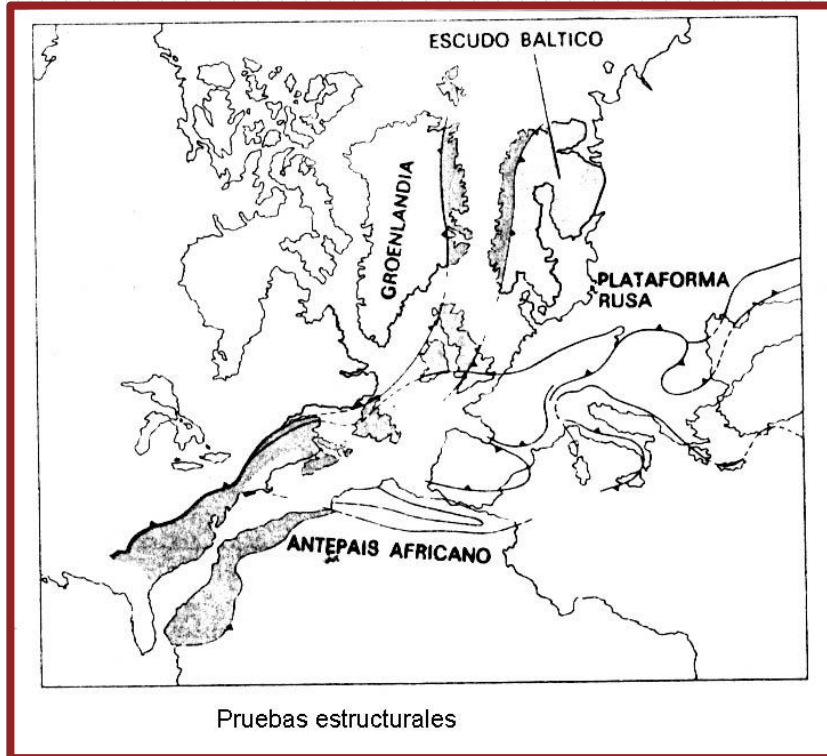
Fig. XIII-10.— Otra prueba de la teoría de WEGENER es la presencia de indicios de glaciaciones en el Pérmico, en los diferentes continentes que en aquella época estuvieron reunidos —según esta hipótesis— alrededor del que entonces era el Polo Sur. I, Africa; II, Indostán; III, Australia; IV, Antártida; V, Suramérica. Las flechas señalan las direcciones de desplazamiento de los glaciares, que ocuparon las áreas punteadas. (Según DU TOIT y WADIA.)

e.- Argumentos tectónicos ou estruturais

- Coincidencia coas direccións dos eixes de pregamento cando se superpoñen os continentes hoxe afastados

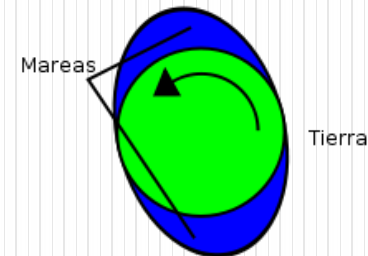
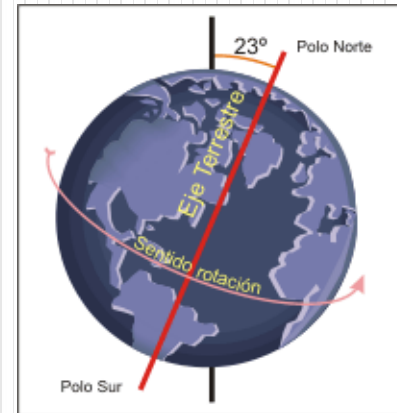


e.- Argumentos tectónicos ou estruturais



Causas dos desprazamentos:

- Wegener consideraba que o desprazamento dos continentes resultaba innegable, pero tiña dúbidas sobre a orixe dos esforzos que causarían estes movementos. Suxeriu:
 - A fuga polar, debida a rotación terrestre, que desprazaría aos continentes cara ó Ecuador
 - A freada mareal, provocada pola atracción do sol e da lúa, que sería responsable do desprazamento da Córdia cara ó Oeste



Da deriva continental á Tectónica de placas

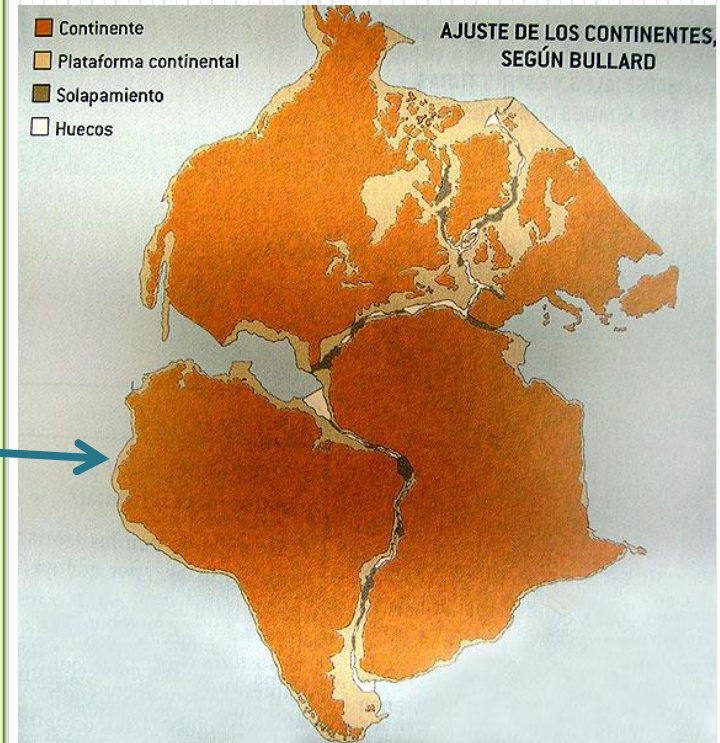
- Nun primer momento, a teoría desenvolvida no libro “A orixe dos continentes e océanos” (1.915) non despertou interese.
- Pero en 1.922, o xeofísico H. **Jeffreys** analizou a teoría e calificóuna de “Hipótese imposible”.
- En 1.926, no Congreso da Asociación Americana de Xeólogos do Petróleo” **Wegener** e **Taylor** foron os únicos defensores do mobilismo. A teoría foi rexeitada.

VALORACIÓN ACTUAL:

- Resulta sorprendente a gran cantidade e **acertos dos argumentos achegados por Wegener** en defensa da mobilidade continental, a maioría dos cales son **válidos hoxe en día**, se ben o movemento é moito máis lento do proposto.
- Os **desacertos** na súa teoría eran dous:
 - **Os esforzos que causaban os movementos** (tanto a freada mareal coma a fuga polar)
 - **Os continentes se desprazaban sobre os fondos oceánicos**, debido a que:
 - O coñecemento escaso acerca do interior terrestre
 - O coñecemento nulo dos fondos oceánicos.

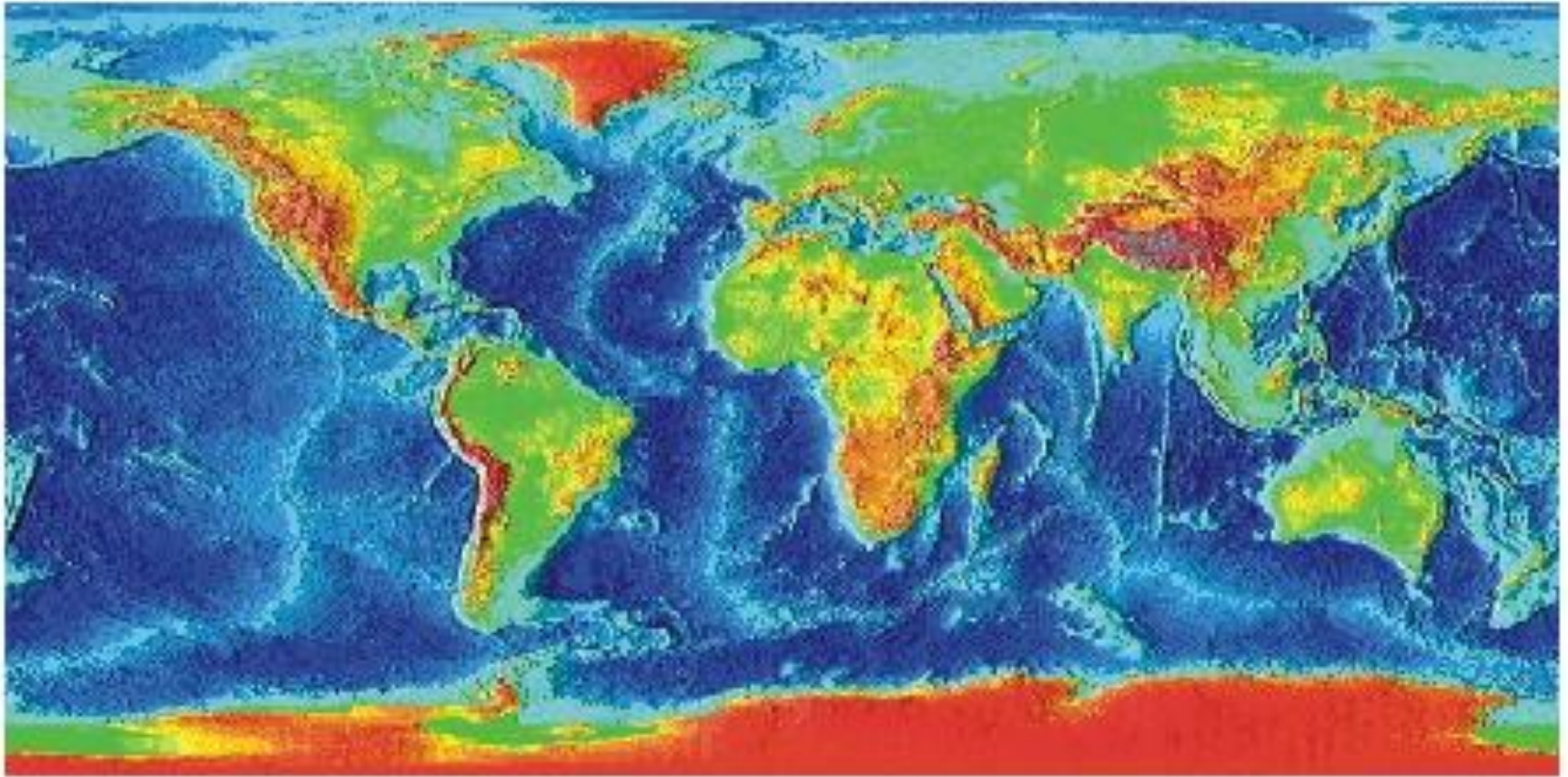
O difícil camiño cara o mobilismo

- Aínda que minoritarias, as ideas mobilistas contaron sempre con defensores.
- Un apoio moi destacable foi o descubrimento de Arthur **Holmes** ó indicar que **o manto terrestre estaba axitado por correntes de convección**.
- O rexurdimento do mobilismo nos anos '50 vino marcado polos avances tecnolóxicos do sonar e ordenador cos que se elaboraron **mapas máis precisos dos fondos oceánicos**:
 - a) Existencia dun relevo de 60.000 km de lonxitude: a **Dorsal oceánica**
 - b) A **ausencia de sedimentos nas dorsais** e escaseza no resto dos fondos mariños
 - c) A **xuventude da codia oceánica, inferior a 180 m.a.**
- O uso do ordenador permitiu a **Bullard** (1.964) **reconstruír o encaixe dos continentes se se engadía a plataforma continental**.
- En 1.965, Tuzo **Wilson** introduciu o termo de **placa** para referirse a grandes fragmentos de litosfera que se movían de forma unitaria.
- En **1.968**, **desenvolvéuse** completamente a **Teoría de Tectónica de Placas**. Segundo esta Teoría:
 - a. A Litosfera está dividida en fragmentos ou placas que se moven debido a axitación térmica do interior
 - b. Estes movementos orixinan:
 - O vulcanismo
 - A sismicidade
 - As cordilleiras e
 - Os cambios na distribución de terras e mares.



http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manual/es/tectonica_animada/tect_swf_files/mov_cont_Bullard.swf

Mapa dos fundos oceánicos

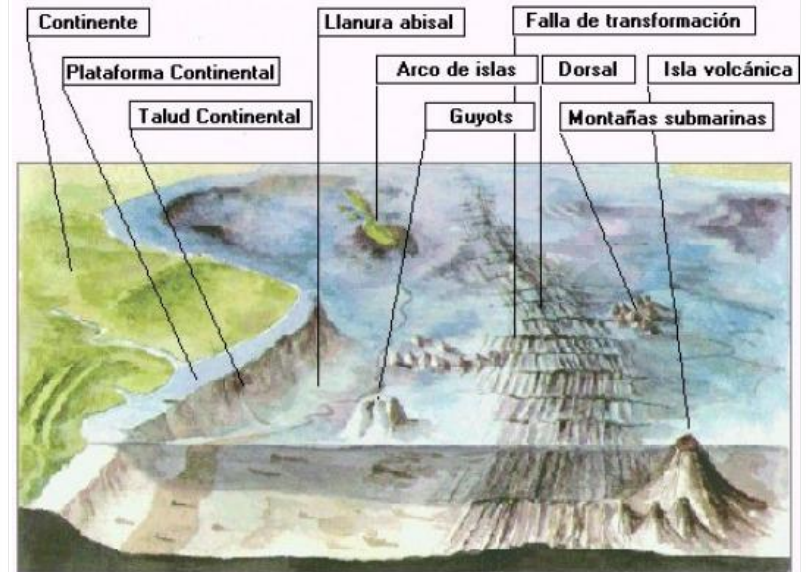


Dorsais e fondos oceánicos

O estudo dos fondos oceánicos permitiu coñecer datos sobre:

- A topografía e a **existencia da dorsal oceánica**
- A relativa **escaseza de sedimentos nos fondos oceánicos** e
- A **xuventude da codia oceánica** (idade dos materiais inferior a 180 m.a.

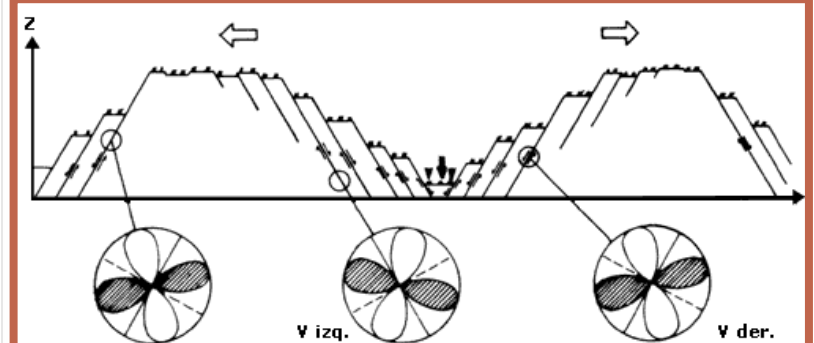
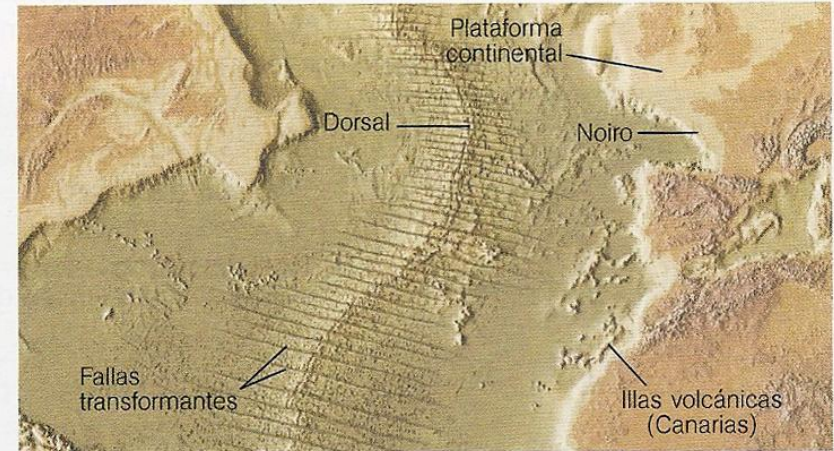
Os datos máis salientables son:



a. As dorsais oceánicas

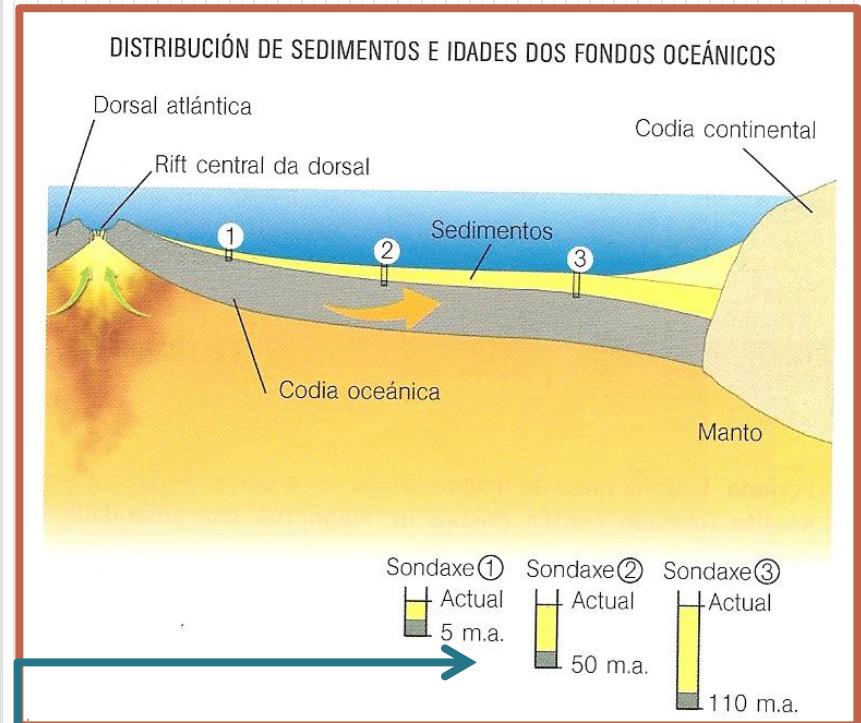
- O océano Atlántico está percorrido de Norte a Sur por un relevo submarino que **se eleva 2-3 km sobre as chairas** circundantes, e emerxe en Islandia. É a **DORSAL OCEÁNICA**.
- Esta dorsal bifúrcase no océano Indico e océano Pacífico.
- Ten unha **lonxitude** total de **60.000 km**.
- A Dorsal atlántica ten un suco central, limitado a ambos lados por fallas normais: **“RIFT”**.
- Outras dorsais, coma no oc. Pacífico, non teñen rift central.
- Periódicamente a dorsal está interrompida por fracturas transversais: **“as FALLAS TRANSFORMANTES”**.

TOPOGRAFÍA DO FONDO OCEÁNICO



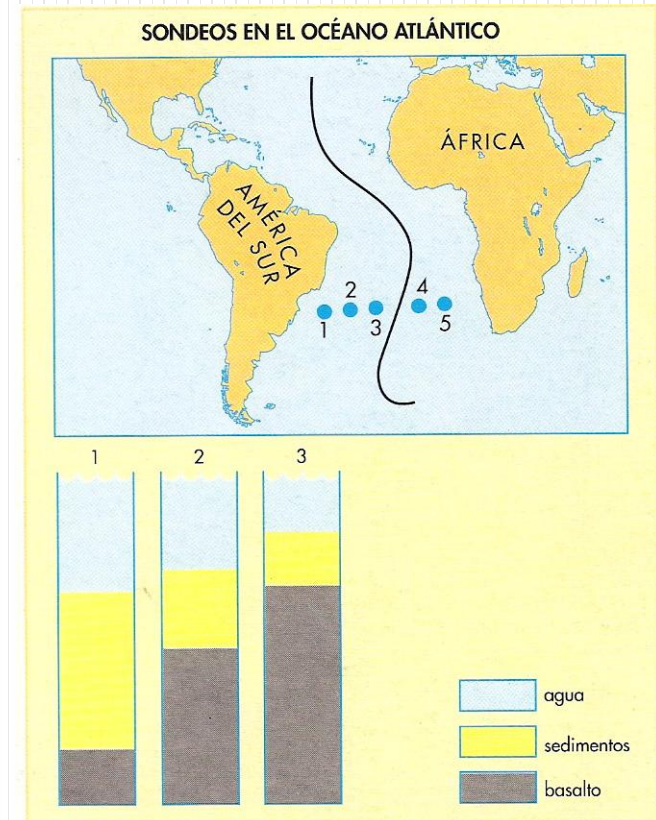
b. Distribución e escaseza dos sedimentos

- Os científicos esperaban atopar baixo os fondos oceánicos, capa sobre capa de materiais depositados ao longo da H^a da Terra. Xa que no océano se están depositando materiais continuamente, pensábase que encontrarían sedimentos (cos seus correspondentes fósiles) desde que existen os océanos, ou sexa, desde hai máis de 4.000 m.a.
- Por iso, a ausencia de sedimentos nas dorsais e a relativa escaseza no resto dos fondos, resultou un achado sorprendente.
- Por outra banda, os sedimentos non se distribúen homoxéneamente, senón que a súa potencia aumenta a medida que nos afastamos da dorsal



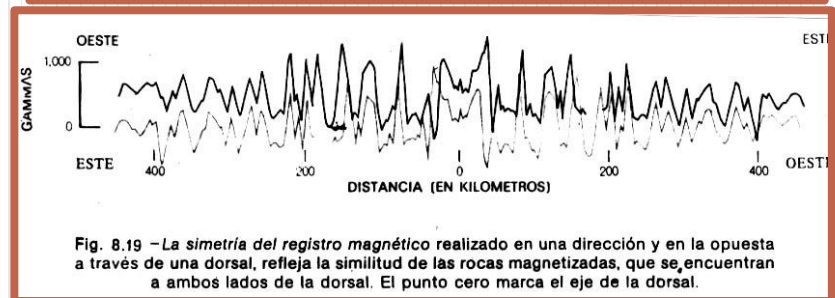
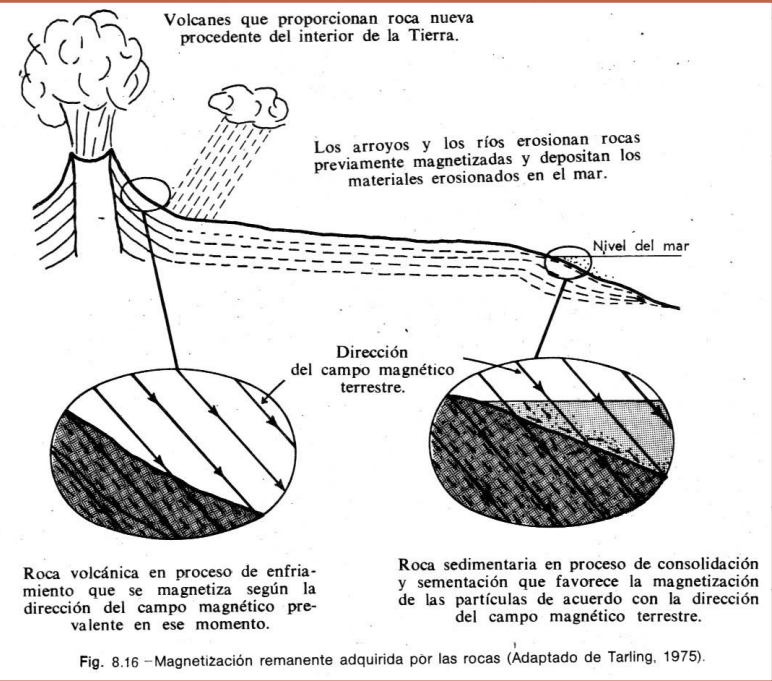
c. Xuventude da Codia oceánica

- Ao facer unha sondaxe nos fondos oceánicos, atópanse diversas capas de sedimentos:
 - Os máis superficiais son os máis actuais, a antigüidade aumenta coa profundidade.
 - A idade dos máis antigos e semellante á dos basaltos situados inmediatamente debaixo deles, é a idade a Codia oceánica nese lugar.
- Hai 3 datos que se repiten regularmente en todas as cuncas oceánicas:
 1. Nas dorsais, os **basaltos** son **actuais**, formáronse no último m.a.
 2. **A antigüidade dos basaltos situados debaixo dos sedimentos, increméntanse ao nos distanciarnos das dorsais.**
 3. Esa **idade nunca supera os 180 m.a.**
- Os datos recollidos xeran moitas preguntas:
 - Se hai océanos desde hai polo menos 4.000 m.a., por que non se encontran fondos con idades superiores aos 180 m.a.?
 - Que pasou cos fondos máis antigos
 - Por que as idades se reducen a medida que nos achegamos á dorsal?
 - Que ocorre na dorsal?



Paleomagnetismo

- Certas rochas, como os basaltos nos fondos oceánicos, posúen pequenos cristais de magnetita e doutros minerais de ferro que teñen a capacidade de imantarse e orientarse segundo o campo magnético terrestre. O proceso ten lugar durante o arrefriamento do magma, cando solidifica, o sentido de imantación dos minerais é permanente. Indicará a orientación do campo magnético cando se formou a rocha. Utilízase como “compases fósiles”.
- O Magnetismo remanente impreso nas rochas chámase PALEOMAGNETISMO. O seu estudo permitiu saber que o campo magnético se invirtiu varias veces intercambiándose as posicións de N e S magnético. Non se coñece por que se producen as inversións.



Teoría de Extensión do Fondo Oceánico

- Ao estudar os fondos oceánicos se descubriu:
- Para explicar o bandeado magnético, Fred Vine and D. Matthews (1.963) elaboraron a **Tª de Extensión do fondo oceánico**: “as dorsais son lugares nos que se xera nova litosfera oceánica a partir de materiais procedentes do interior”.
- A litosfera acabada de se crear, afástase a un e outro lado da dorsal e o espazo deixado, ocúpaio novo magma.
- O fondo oceánico compórtase como “unha cinta gravadora” que rexistra a orientación do campo magnético, no momento en que se arrefría cada masa magmática.

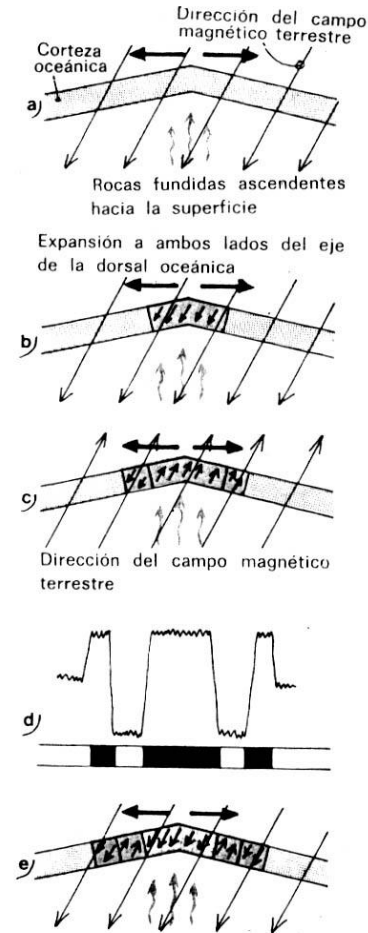


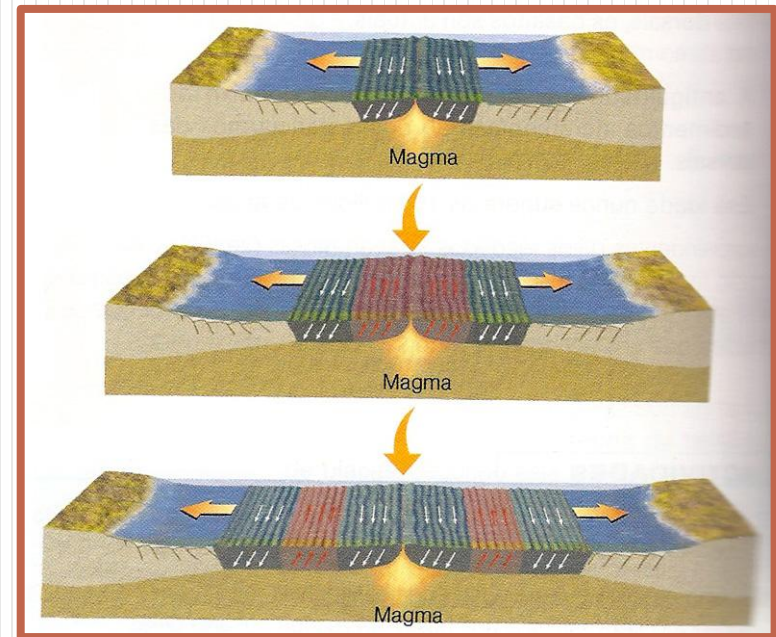
Fig. 8.20 - Interpretación de la expansión del suelo oceánico y del origen de los esquemas magnéticos en bandas.

a) Las rocas calientes procedentes de la Astenosfera se alzan hasta alcanzar el eje de la dorsal oceánica. b) Al enfriarse, se magnetizan en la dirección del campo magnético terrestre entonces prevalente. c) Ascenden nuevas rocas fundidas por el eje de la dorsal, al tiempo que las más antiguas se desplazan a ambos lados, provocando la expansión del suelo oceánico. Las rocas se enfrían y quedan magnetizadas en un campo magnético cuya polaridad se ha invertido. d) El registro magnético da máximos para bandas en negro en las que el campo permanece como "normal", y mínimos para bandas en blanco, en las que el campo permanece como "invertido". e) Ascenden nuevas rocas que quedan a su vez magnetizadas en un campo invertido con relación al anterior, es decir un campo "normal" como el existente en b).

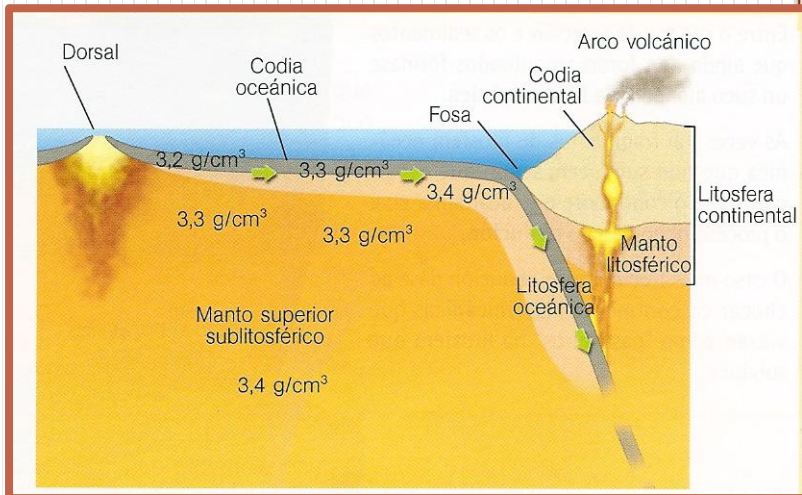
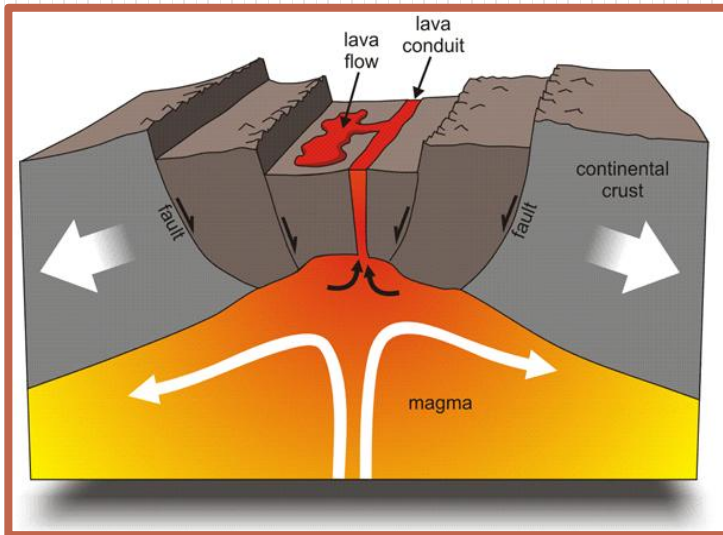
Las rocas desplazadas en sucesivas ascensiones de rocas fundidas conservan el registro de los cambios previos de polaridad, que pueden ser detectados desde navíos de superficie, los cuales obtienen los diagramas de magnetización dibujados en d).

Teoría de Extensión do Fondo Oceánico

- Esta **teoría de Extensión do Fondo oceánico** permite explicar:
 - O **bandeado magnético**
 - O **incremento de idade dos fondos** a medida que nos afastamos da dorsal
 - A **distribucion de sedimentos** nas cuncas oceánicas
 - As **características da actividade sísmica nas dorsais**: Os terremotos son de foco superficial, de pouca magnitude pero moi frecuentes.
- A Teoría de Extensión do fondo oceánico chámase tamén **Tª de Expansión do Fondo oceánico**, pero o termo “expansión” algúns autores o consideran errado xa que significa “dilatación” (= o incremento de volume sen incremento de materia), e non é iso o que ocorre nos fondos oceánicos.

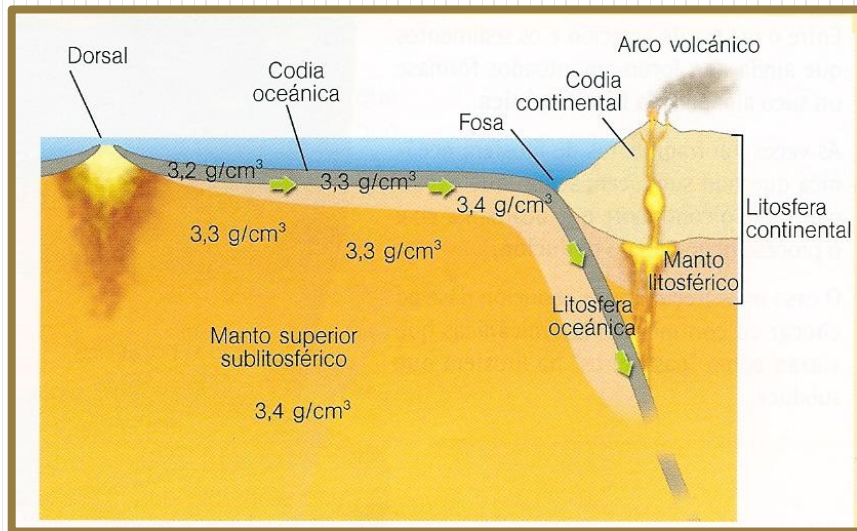


Por que se afunde o fondo oceánico?



- A T^a de Extensión do fondo do océano explica que ocorre na dorsal:
- Pero cal é a causa da inexistencia de fondos oceánicos con idades superiores aos 180 m.a.? Que foi dos fondos máis antigos?
- Na dorsal, a Litosfera é extremadamente fina e debaixo dela pódese alcanzar temperaturas de 1.000°C /a 2 km de profundidade. Debido a esas elevadas temperaturas, fan que os materiais que se atopan na dorsal se encontren dilatados e teñan por tanto, menor densidade. Esta Litosfera ao contacto coa auga do océano, arrefría a Cordia acabada de se formar e iso reduce o seu volume. A medida que a Litosfera se afasta da dorsal, faise máis grossa e máis densa, o que orixina o seu afundimento.
- O afundimento ou **SUBSIDENCIA** producido polo arrefriamento progresivo da Litosfera chámase **“SUBSIDENCIA TÉRMICA”** e permite explicar por que os fondos oceánicos situados lonxe das dorsais se atopan a máis profundidade ca estas.

Mecanismo da subsidencia térmica



- Nos tramos próximos á dorsal, a Litosfera está constituída só por Codia oceánica, pero a medida que se avellenta, arrefría e a capa máis superficial do Manto pégase a base da Codia.
- Os materiais que compoñen a Codia son menos densos ca os do Manto.
- Os materiais que compoñen o Manto litosférico e o Manto Sublitosférico teñen a mesma composición, pero o Manto litosférico frío é máis denso ca o Manto Sublitosférico que se encontra dilatado pola calor.
- Cando a Litosfera ten uns 100 m.a., a súa densidade media (Codia oceánica lixeira + Manto litosférico denso) comeza a superar a densidade do Manto Sublitosférico, polo que a Litosfera tenderá a se afundir, desaparecendo no interior do Manto.
- Denomínase **SUBDUCCIÓN** ao **proceso polo que a Litosfera se introduce no interior terrestre**.
- A subducción da Litosfera oceánica non se produce inevitablemente cando ten 100 m.a., senón que se pode retrasar ata que ten uns 160 -180 m.a.
- Débese ter en conta que, o Manto sublitosférico, aínda que quente e plástico, atópase en estado sólido, o que dificulta o afundimento da Litosfera.

Zonas de Subducción ou Márxes Converxentes

- As zonas de subducción sitúanse nos límites de 2 placas litosféricas con movemento converxente. Chámase tamén **“márxes converxentes”**
- Como consecuencia da subducción, destrúese Litosfera oceánica, e faise a un ritmo que equilibra (a escala planetaria) a cantidade de Litosfera xerada nas dorsais.
- Segundo a natureza da Litosfera (continental ou oceánica) das placas implicadas no proceso de subducción dánse **3 casos**:
 - a. Converxencia Continental-Oceánica**
 - b. Converxencia Oceánica-Oceánica**
 - c. Converxencia Continental-Continental**

Borde destrutivo (choque de placas) en la costa oeste de América.

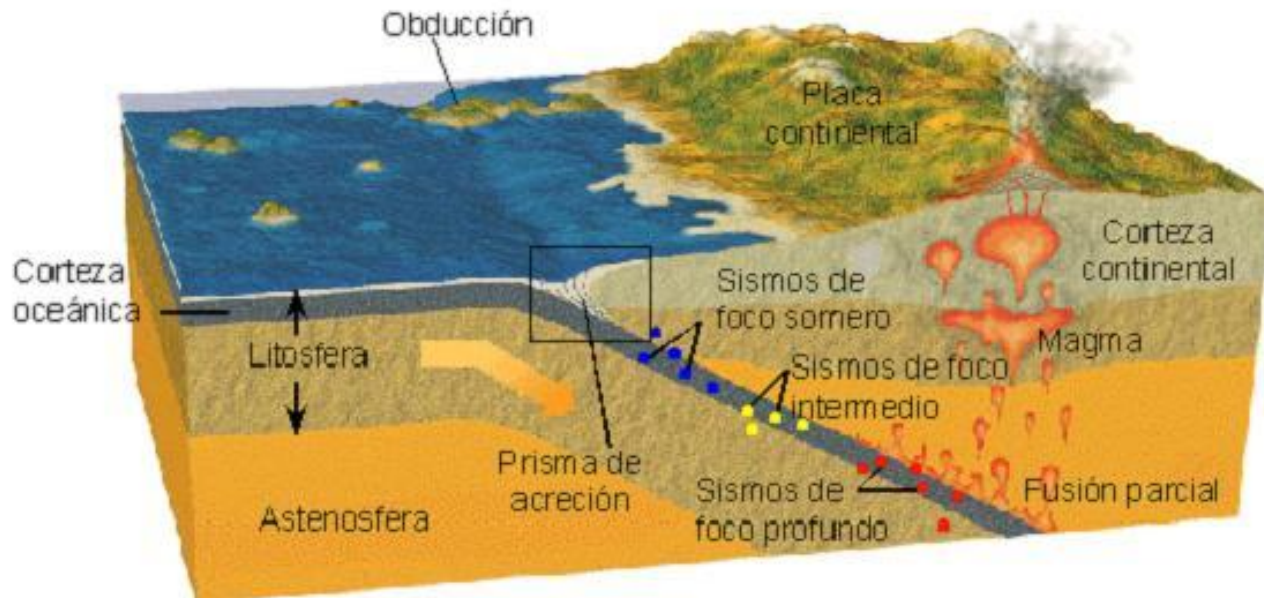


[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/02\[1\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/02[1].swf)
[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/51\[1\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/51[1].swf)
[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/05\[1\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/05[1].swf)
[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/10\[1\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/10[1].swf)
[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/subduccion\[1\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/subduccion[1].swf)

a. Convergencia Continental-Oceánica

Convergencia continental - oceánica

La litosfera continental es más ligera y gruesa que la oceánica. Por esta razón, al converger ambas la oceánica se introduce bajo la continental.



Los terremotos según la profundidad del foco sísmico se clasifican en:

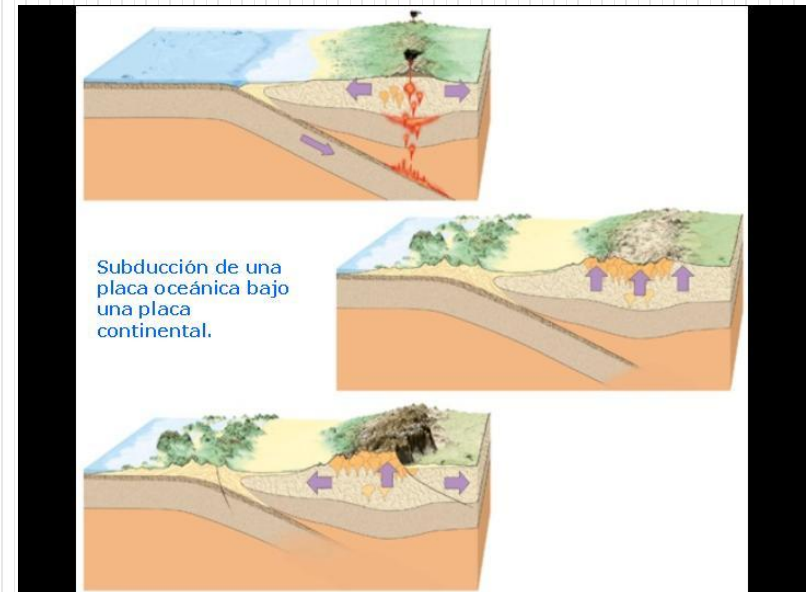
Someros, profundidad menor de 70 km.

Intermedios, foco entre 70 y 300 km.

Profundos, foco entre 300 y 700 km.

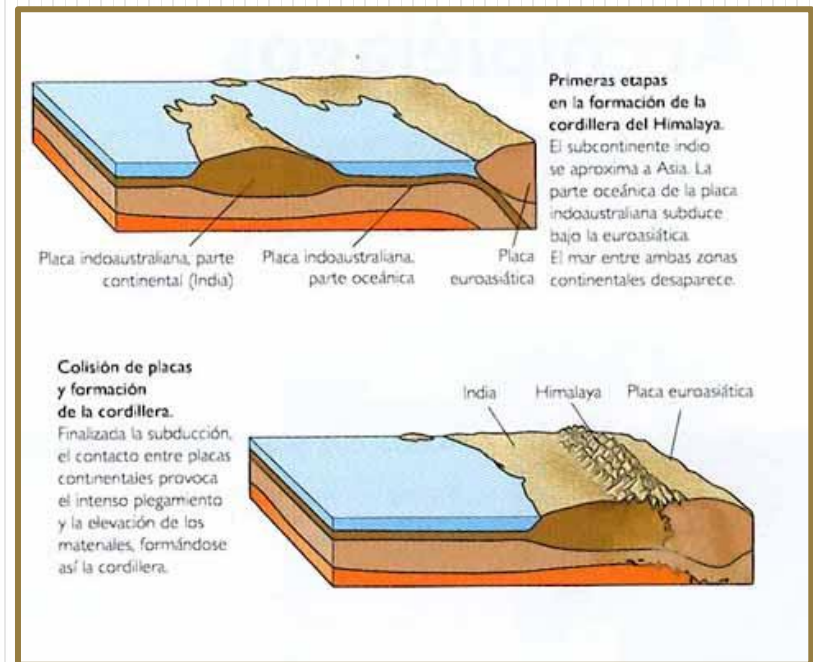
a. Converxencia Continental-Oceánica

- A Litosfera continental é máis grossa e lixeira cá L. oceánica. Se converxe unha placa continental con outra oceánica, a placa oceánica é a que se introduce baixo a continental.
- A L.o. transporta sedimentos na súa parte superior, que na maior parte non subducen e son recollidos pola frente do bordo continental (a L.o. actúa coma unha máquina quitaneves). Estes sedimentos son amoreados e deformados orixinando o “**prisma de acreción**”.
- Entre o prisma de acreción e os sedimentos que aínda non foron amoreados, fórmase un suco alongado: “a **fosa oceánica**”



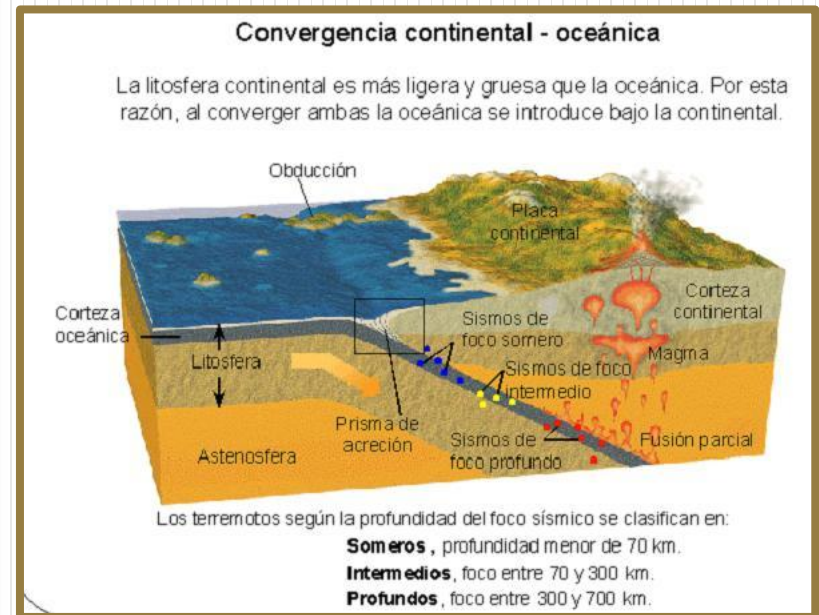
a. Convergencia Continental-Oceánica

- En ocasións hai fragmentos de L.O. que non suducen, senón que cabalgan sobre o continente e se pegan a él. Chámase **OBDUCCIÓN**. O exemplo máis frecuente de obducción é cando colisionan co continente illas volcánicas que viaxan como “pasaxeiros” na litosfera que subduce.
- O desprazamento dunha placa con respecto a outra non é continuo, senón que se produce a saltos, como consecuencia se xeran terremotos. As zonas de subducción presentan a maior actividade sísmica do planteta.

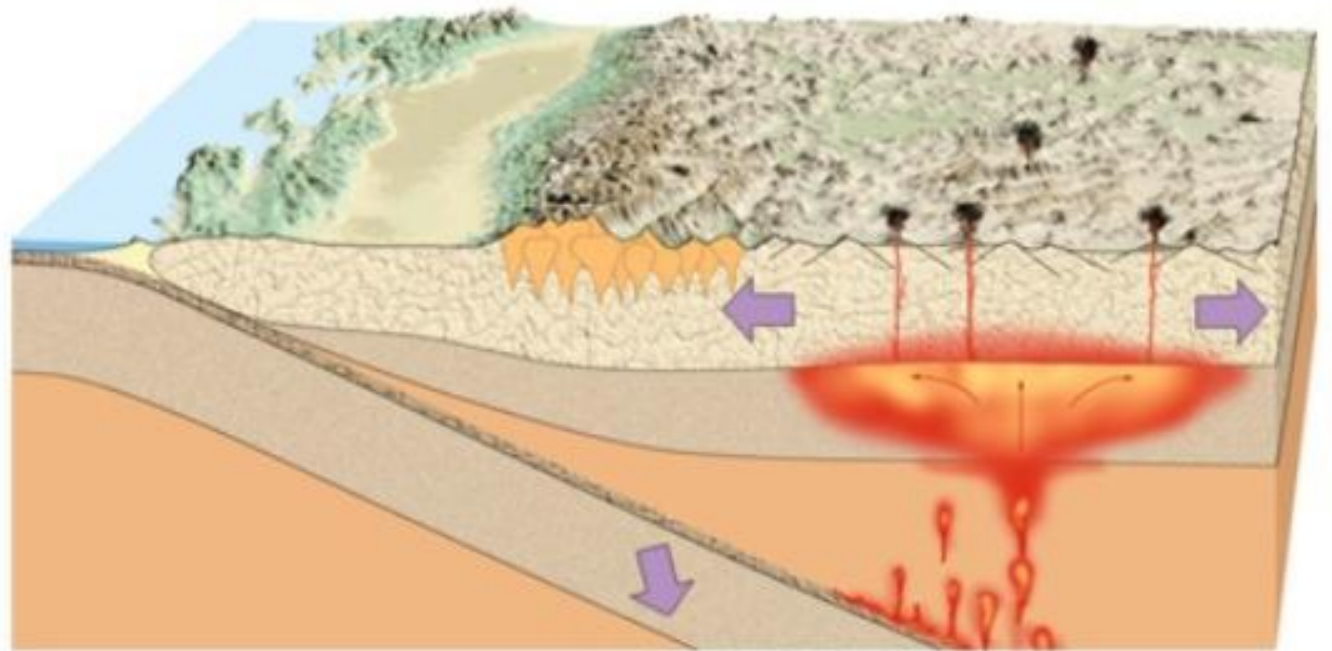
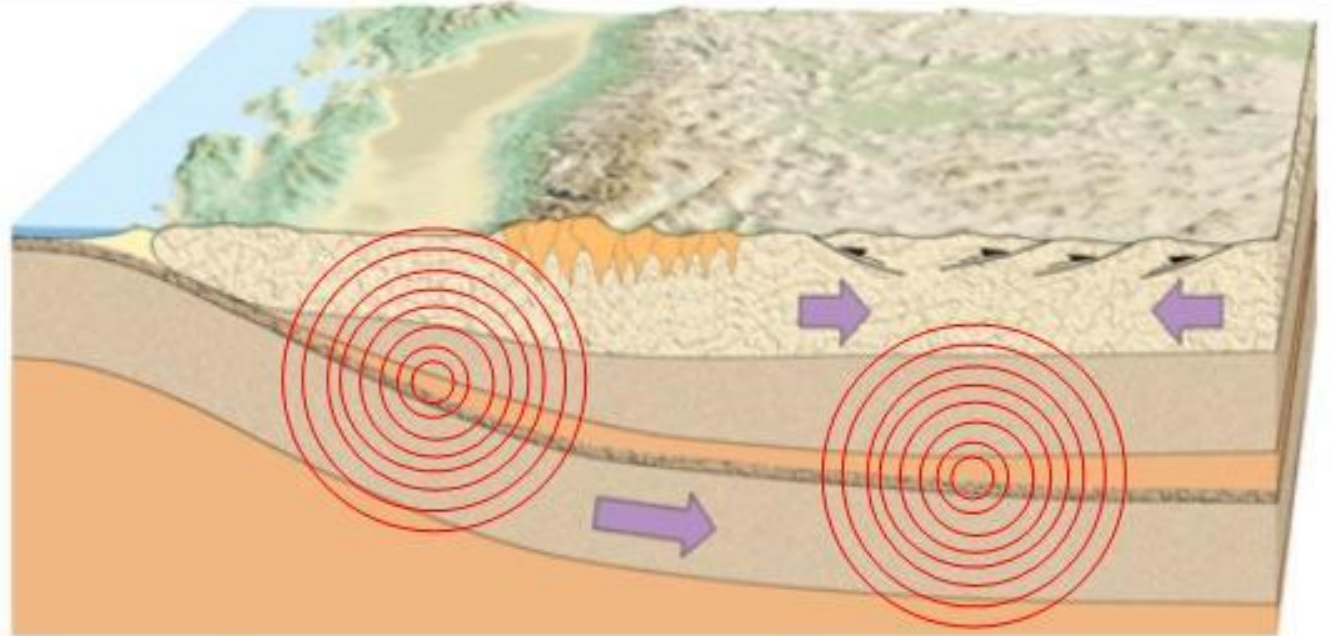


a. Convergencia Continental-Oceánica

- Os terremotos, atendendo a profundidade do foco sísmico, clasifícanse en:
 - a. **Terremotos superficiais: < 70 km**
 - b. **Terremotos intermedios: entre 70 -300 km**
 - c. **Terremotos profundos: de 300 a 700 km**
- A L.O. que subduce está fría e contén certas cantidades de auga, ademáis o rozamento coa placa continental incrementa a T^a e a auga baixa o punto de fusión dos minerais. Isto permite a **fusión parcial** dos minerais máis ricos en sílice que funden a menor T^a . Orixínase así magmas que alimentan **erupcións volcánicas de Andesitas**.

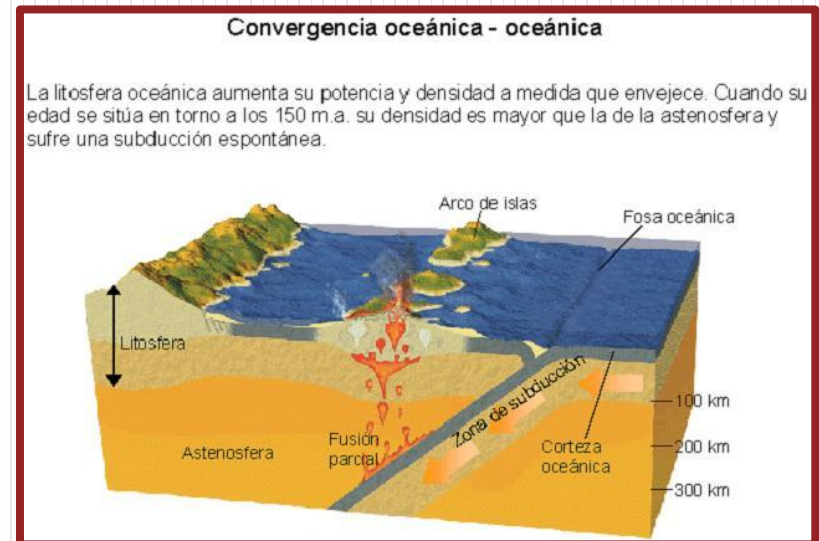


**Fenómenos
sísmicos y
volcánicos
relacionados con
la subducción**



b. Converxencia Oceánica-Oceánica

- A L.O. aumenta a súa potencia e densidade a medida que avellenta. Cando a súa idade é arredor dos 100 m.a., posúe unha densidade superior a do Manto Superior sublitosférico. Isto determina o seu afundimento.
- Fálase de “Subducción espontánea” (para diferenciala da Subducción forzada do apartado anterior)..
- Despois de acadar unha maior densidade que do Manto Sublitosférico, a subducción da L.O. pode atrasarse ata os 170 -180 m.a.. Débese ter en conta que o Manto Superior Sublitosférico (aínda que quente e plástico), se atopa en estado sólido, o que dificulta o afundimento.

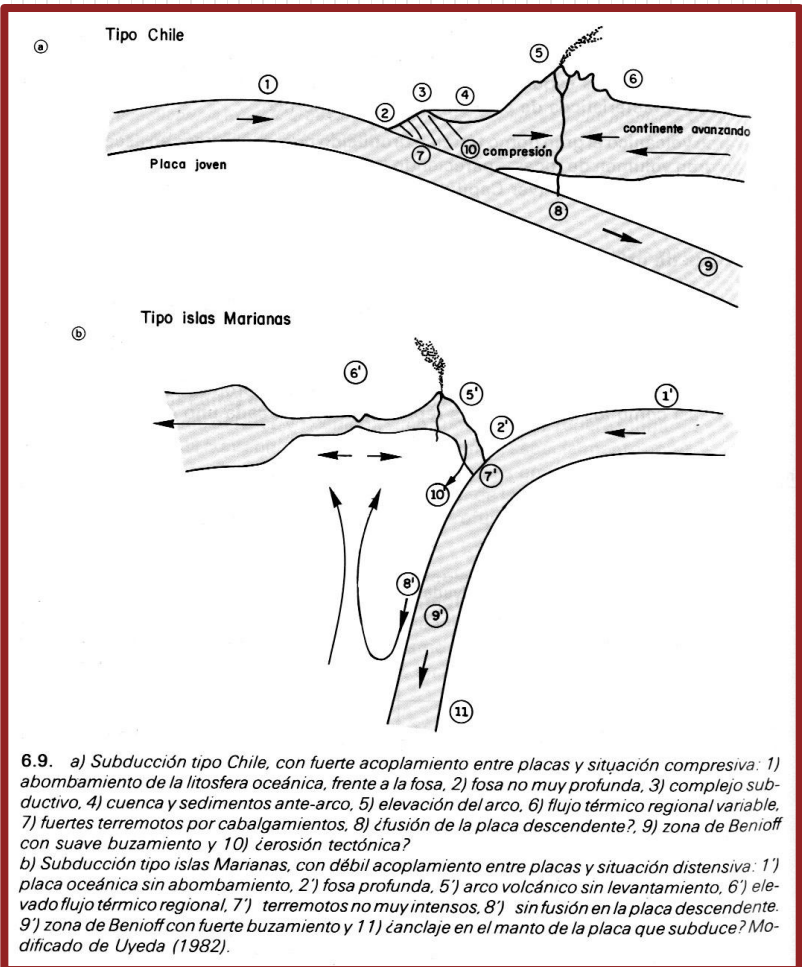


[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/subduccion\[2\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/subduccion[2].swf)
[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/subduccion\[2\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/subduccion[2].swf)

b. Converxencia Oceánica-Oceánica

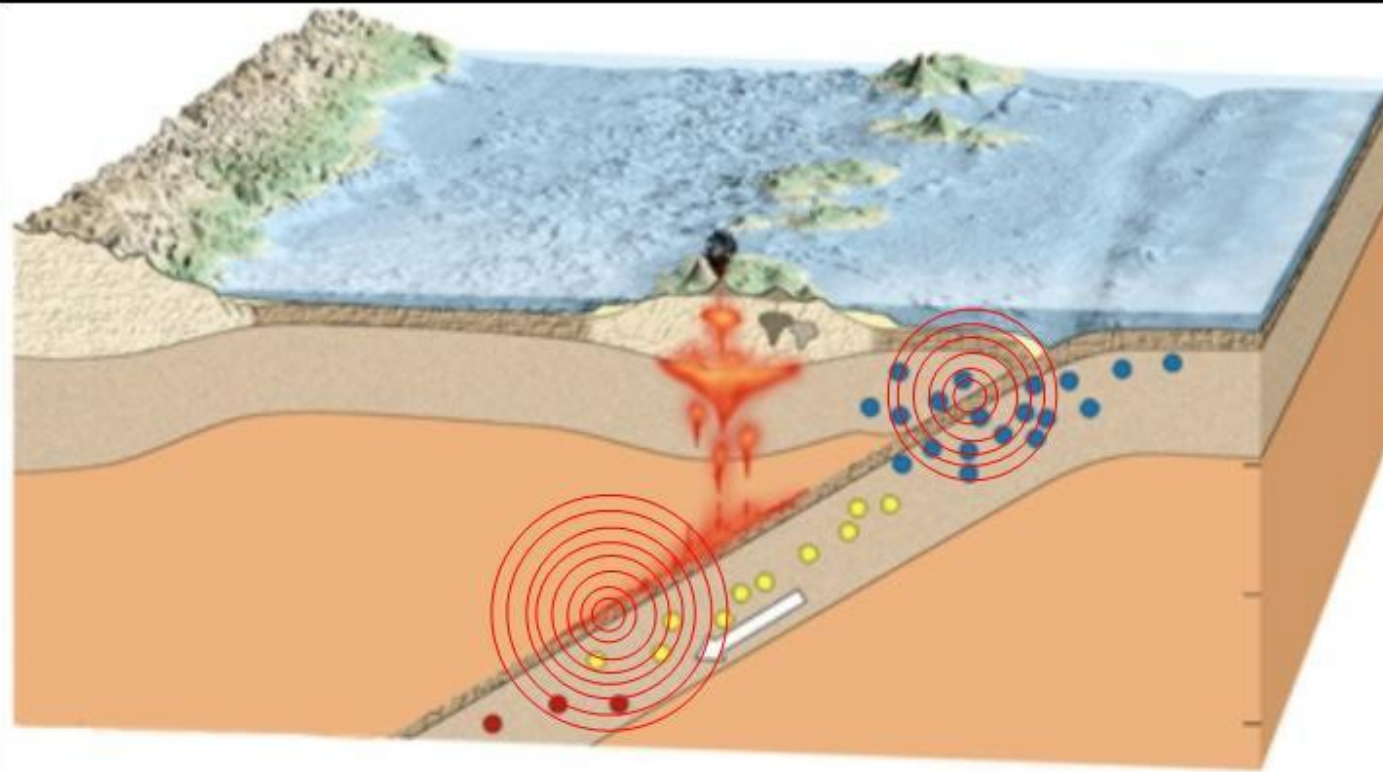
- Características:

1. A Litosfera subduce cun ángulo de grande inclinación
2. O acoplamento entre as 2 placas é debil, o que favorece a subducción dos sedimentos oceánicos.
3. Como consecuencia do anterior, non se forma prisma de acreción
4. Presenta fosas moi profundas. Exemplo: illas Marianas
5. O magmatismo asociado orixina arcos-illa

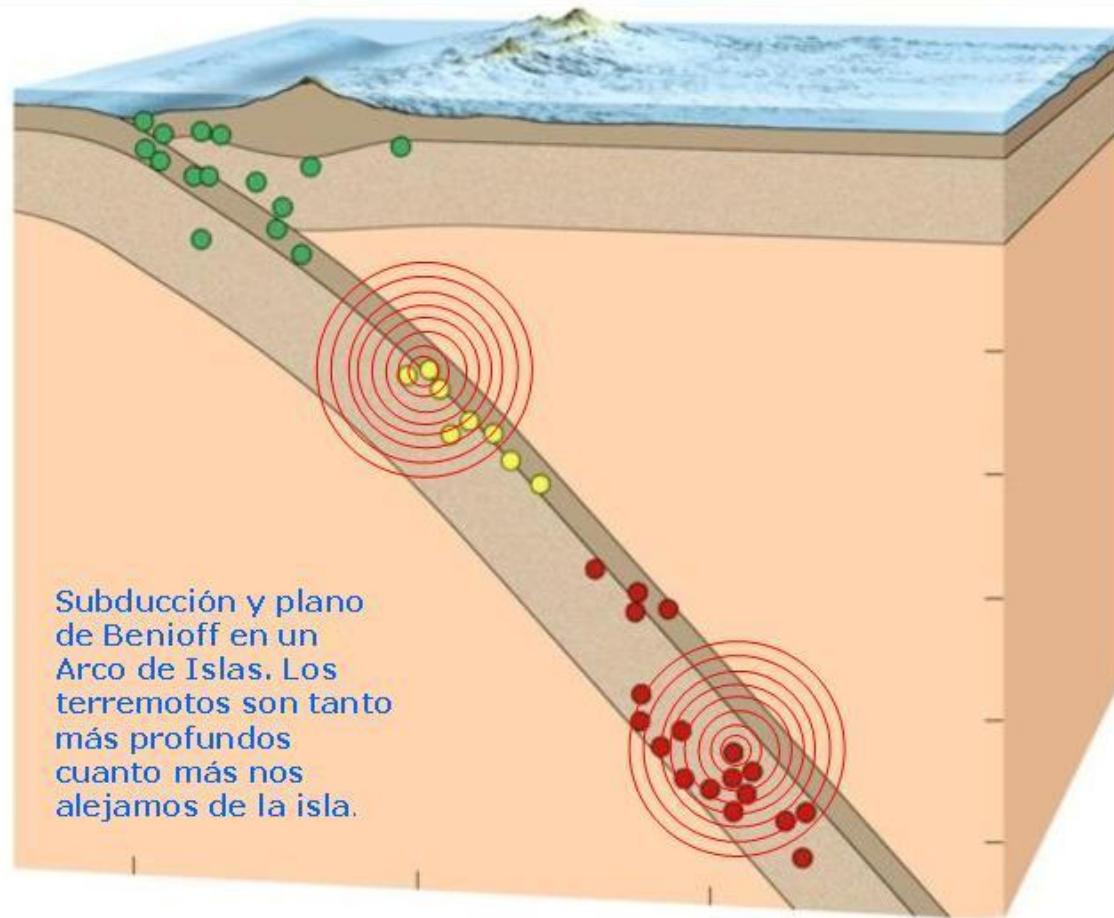


b. Convergencia Oceánica-Oceánica

Borde destructivo (choque de placas) en un Arco Insular (Arcos de Islas y fosas del este del océano Pacífico). Los seísmos son tanto más profundos cuanto más nos alejamos del punto donde subduce la litosfera, formando un plano inclinado llamado plano de Benioff. La fricción de las placas funde las rocas y genera actividad volcánica.

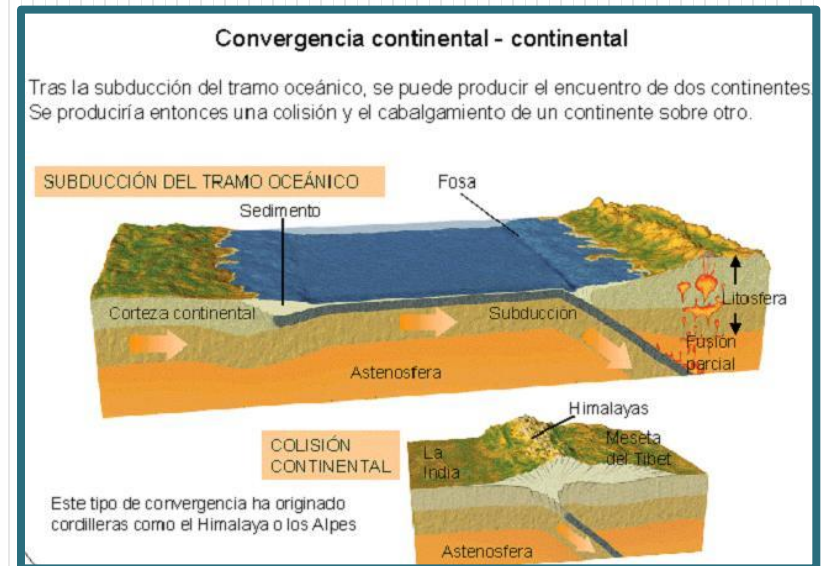


b. Convergencia Oceánica-Oceánica



c. Convergencia Continental-Continental

- Se a placa que subduce ten un tramo oceánico e outro continental tras el, unha vez que se introduciu toda a L.O., prodúcese o encontro dos 2 continentes.
- Dado que a L.C. é o suficientemente lixeira coma para non subducir, fálase de **COLISIÓN**, máis que de subducción.
- Trala colisión continental prodúcese o encabalgamento dun continente sobre o outro: **OBDUCCIÓN**.
- Exemplos: Himalaia, Alpes, Pirineos, ...

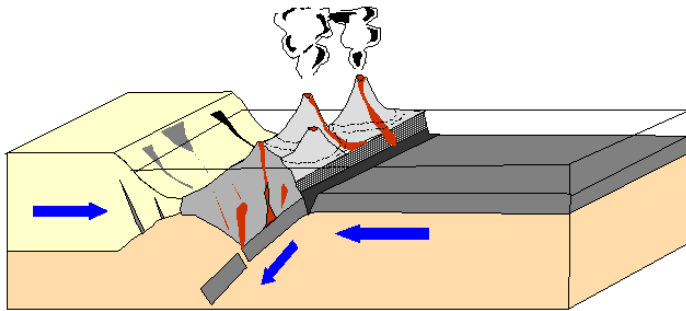


[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/52\[1\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/52[1].swf)

c. Convergencia Continental-Continental

Arco insular (Archipiélago del Japón).

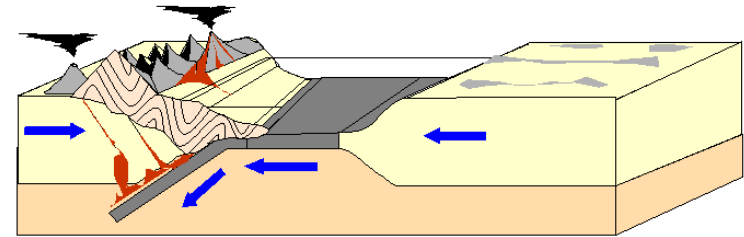
Los arcos de islas se generan cuando una corriente de convección descendente se produce entre dos placas, una de litosfera oceánica y otra mixta: continental y oceánica. La litosfera oceánica, más densa y delgada, se introduce bajo la mixta, generando una intensa actividad volcánica y sísmica. Se producen así profundas fosas en forma de arco jalonadas de islas volcánicas, como las fosas y los arcos de islas del océano Pacífico.



71

Mar interior (Mar Mediterráneo).

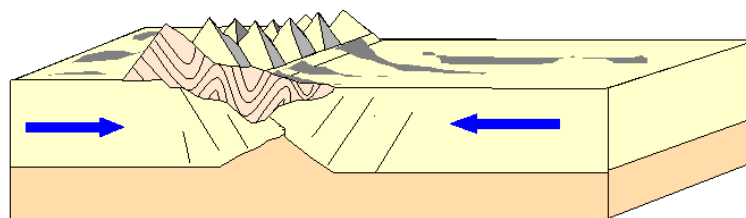
Entre el sur de Europa y África existe una corriente de convección descendente que genera la subducción de la litosfera del fondo del Mar Mediterráneo -que forma parte de la placa Africana- bajo la placa Euroasiática. Este proceso estrecha cada vez más el mar Mediterráneo y hace ascender los sedimentos produciendo una serie de cadenas de montañas en el sur de Europa: Alpes, Penibética, etc. La energía generada por el proceso de subducción se libera en forma de actividad volcánica y sísmica.



74

Cordillera intercontinental (Cordillera del Himalaya).

Si una placa mixta subduce totalmente bajo una placa continental, la litosfera oceánica se introduce totalmente bajo la litosfera continental y ambas placas se sueldan. Los sedimentos que existían entre ambas se acumulan en el borde que existía entre ellas formando una gran cadena montañosa entre ambas: una cordillera intercontinental. Esto sucedió cuando el borde oceánico de la placa de la India se introdujo bajo la placa Euroasiática formando la cordillera del Himalaya.

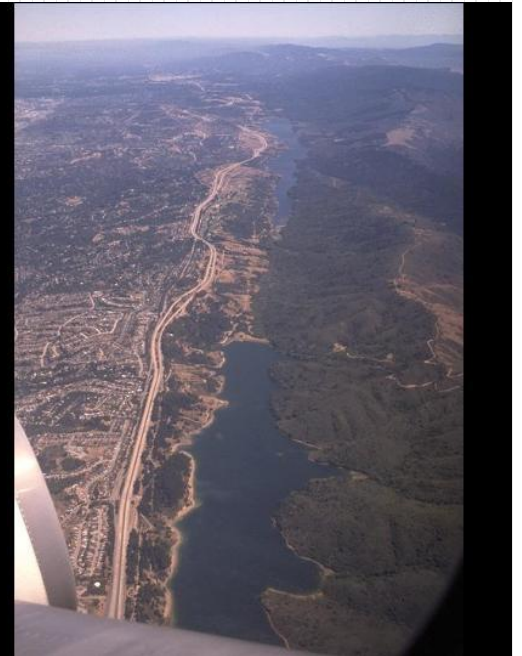


76

Fallas transformantes

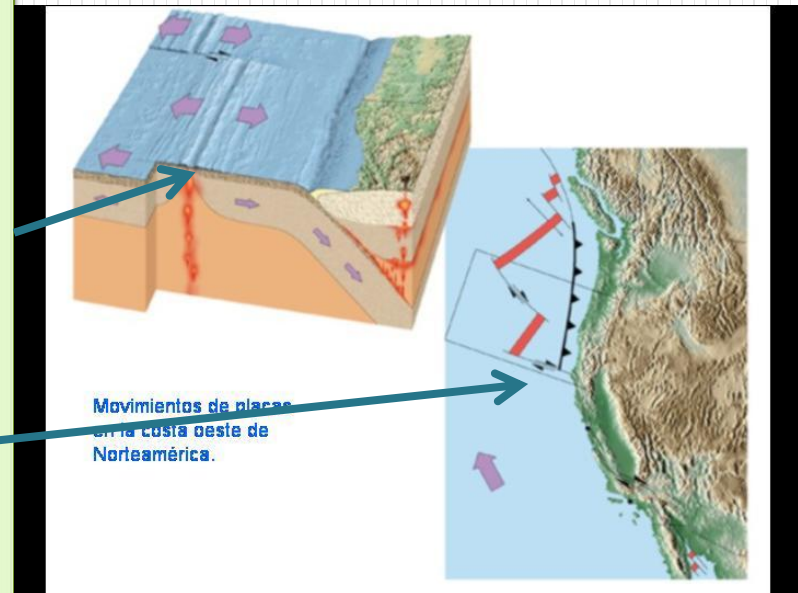


La gran falla de San Andrés es una falla transformante en la que las placas Norteamericana y la del Placa del Pacífico se desplazan lateralmente en direcciones opuestas.

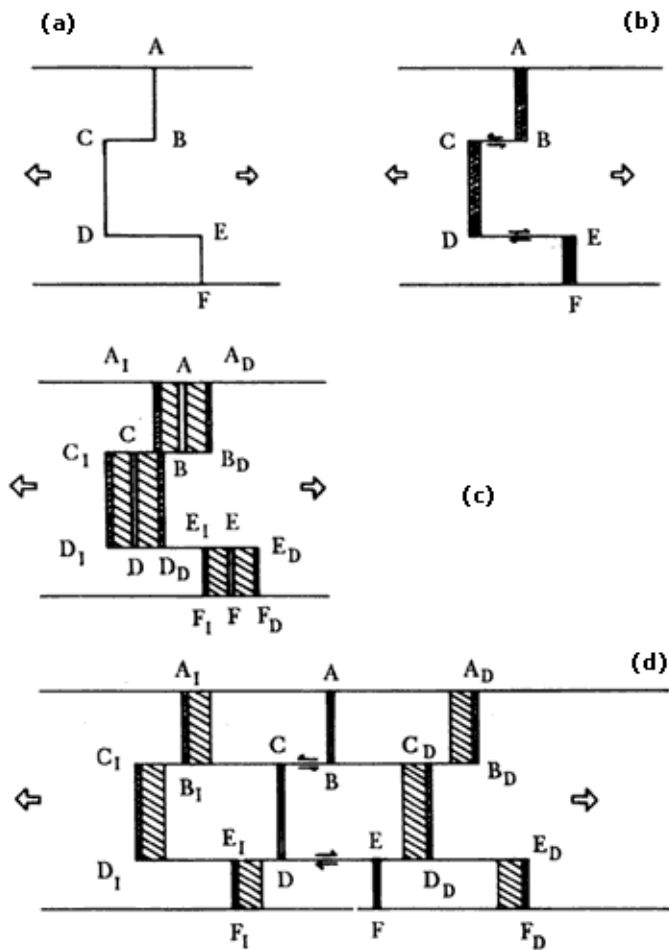


Fallas transformantes

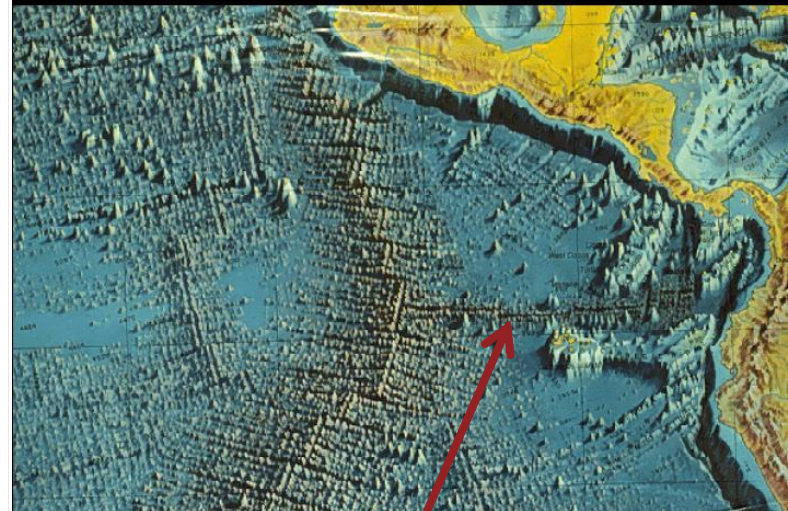
- 3º tipo de marxe de placa
- Prodúcese un movemento lateral dunha placa respecto a outra: “as fallas transformantes”.
- Non se crea nin se destrúe Litosfera: “Bordo Conservativo” ou “Marxe Conservativas”.
- Hai 2 tipos de Marxes conservativos:
 - a. O máis frecuente corresponde ás **fallas que cortan transversalmente as dorsais oceánicas**, producindo un desprazamento lateral da dorsal de ata centos de km.
 - b. O outro, inclúe as **fracturas que conectan 2 límites diferentes de placa**, coma a Falla de San Andrés en California ou a falla Alpina en Nova Zelandia.
- **Características:**
 1. **Non** hai vulcanismo asociado aos bordos conservativos.
 2. Os terremotos son moi frecuentes, pero con **foco sísmico superficial**
 3. **Non posúen un relevo característico** estas zonas de fracturas, (comparado coas dorsais nos bordos diverxentes ou as fosas oceánicas e cordilleiras de dobramento nas zonas converxentes)



Evolución dunha falla transformante nunha dorsal



Dorsales (bordes constructivos) y Fosas (bordes destructivos) en el Océano Pacífico.



Falla transformante que une una dorsal cunha zona de subducción

Características asociadas a cada tipo de marxe

| Tipo de marxe | Diverxente | Converxente | Transformante |
|---------------|-------------------------------|--|--|
| Movemento | extensión | subducción | Desprazamento lateral |
| Efecto | Constructivo (créase L.O.) | Destructivo (destrúese L.O.) | Conservativo (nin se crea nin se destrúe Litosfera) |
| Topografía | Dorsal/rift | Fosa e/ou cordilleira de dobramento | Pouco salientable |
| Vulcanismo | Si (basaltos) | Si (Andesitas) | non |
| Sismicidade | Si (foco superficial) | Si (foco somero, intermedio e profundo) | Si (foco superficial) |

Que move as placas?

- Grazas as novas tecnoloxías (raios láser e satélites) puidéronse realizar medicións precisas de distancias entre puntos situados en placas diferentes, constatándose que as placas se moven. Por exemplo, Londres e Nova York teñen desprazamentos de 1'7 cm/ano e Hawai e Australia teñen desprazamentos de 4'6 cm/ano.
- Non hai dúbidas de que a calor do interior terrestre ten un papel determinante na dinámica litosférica. **Se o interior estivese frío, non habería Tectónica de placas.**
- Tamén a **Energía Gravitacional** parece desenvolver un papel clave.
- Os científicos teñen aínda dúbidas sobre o papel que desenvolve cada un dos procesos que interveñen e o tipo de interaccións que se dan entre eles.

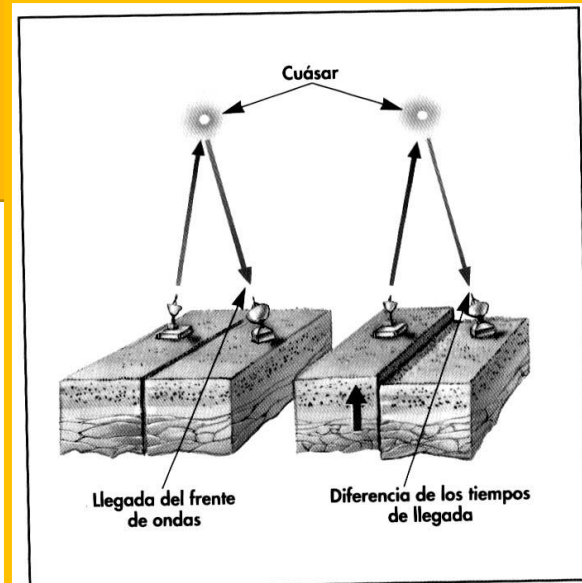


Fig. 1.7. Localización por láser utilizando reflectores.

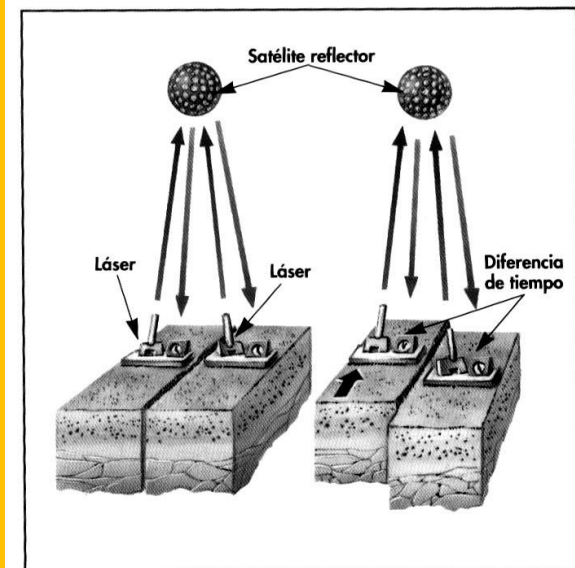
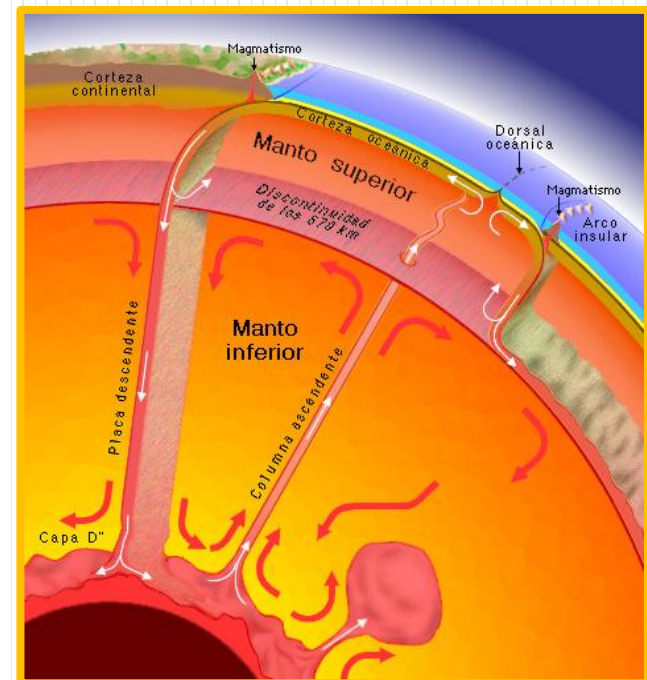
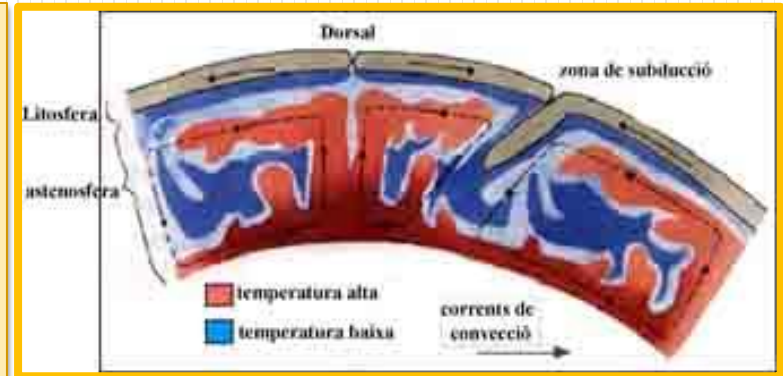


Fig. 1.8. Medición por radiotelescopio.

Que move as placas?

As 4 ideas máis aceptadas son:

1. **A enerxía térmica do interior** xera **correntes de convección no Manto Superior Sublitosférico** e constitúe a causa que “pon en marcha” o movemento das placas. Dado que os materiais do Manto Sublitosférico se atopan en estado sólido, os movementos de convección son complexos e non responden ao modelo idealizado de “celas de convección” perfectamente pechadas.
2. **Nalgunhas zonas da base do Manto, na capa D”**, orixínanse columnas de materiais moi quentes que poden alcanzar a superficie. Son os **PUNTOS QUENTES**. Por exemplo, Islandia ou as illas Hawai. Estas columnas ascendentes forman parte do proceso convectivo xeral do manto.
3. **As placas litosféricas** vense arrastradas polos movementos convectivos do Manto que, en todo caso, son moi lentos (1- 12 cm/ano)
4. **A gravidade:** →



Que move as placas litosféricas?

4. A **Gravidade** desenvolve tamén un papel importante entre as causas do movemento das placas. E faíno a través de 2 mecanismos complementarios:
- A maior altura da dorsal favorece o desprazamento cara abaixo no fondo oceánico
 - A Litosfera subducida é densa e fría, e as presións reinantes no interior do Manto, fan máis densa. Así o extremo da placa subducida tira dela e arrástraa. O proceso é comparable ao que lle ocorre a unha toalla que ten unha parte mergullada na auga e a medida que se enchoupa, pesa máis e arrastra o resto da toalla cara abaixo. Por esta razón, o tirón motivado pola densificación da placa subducida coñécese como “**efecto toalla**”

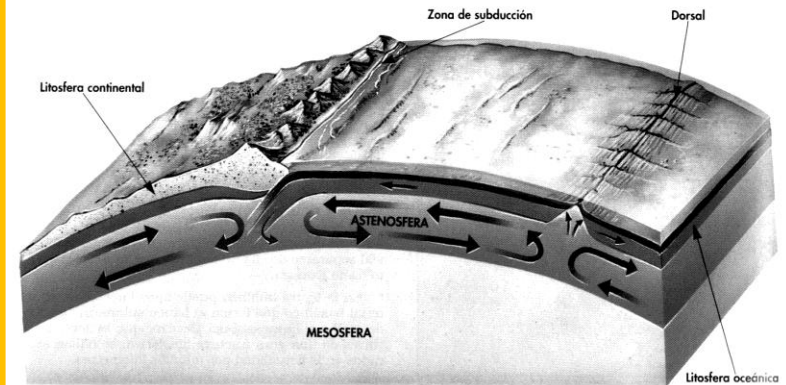


Fig. 2.6. Circulación convectiva del material de la astenosfera.

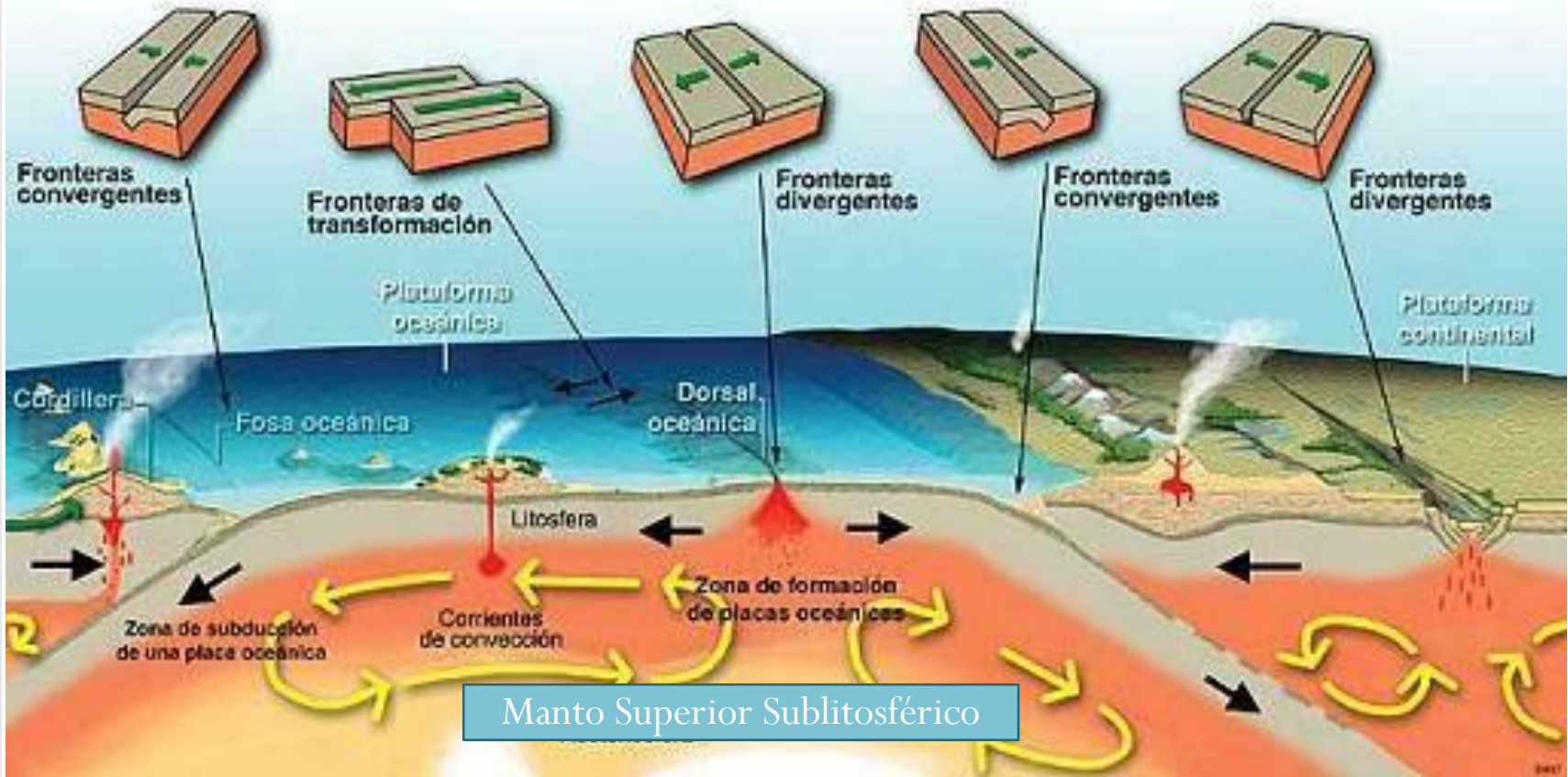


[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/53\[1\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/53[1].swf)
[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/45\[1\].swf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tect_swf_files/45[1].swf)

Tectónica de placas: unha perspectiva global

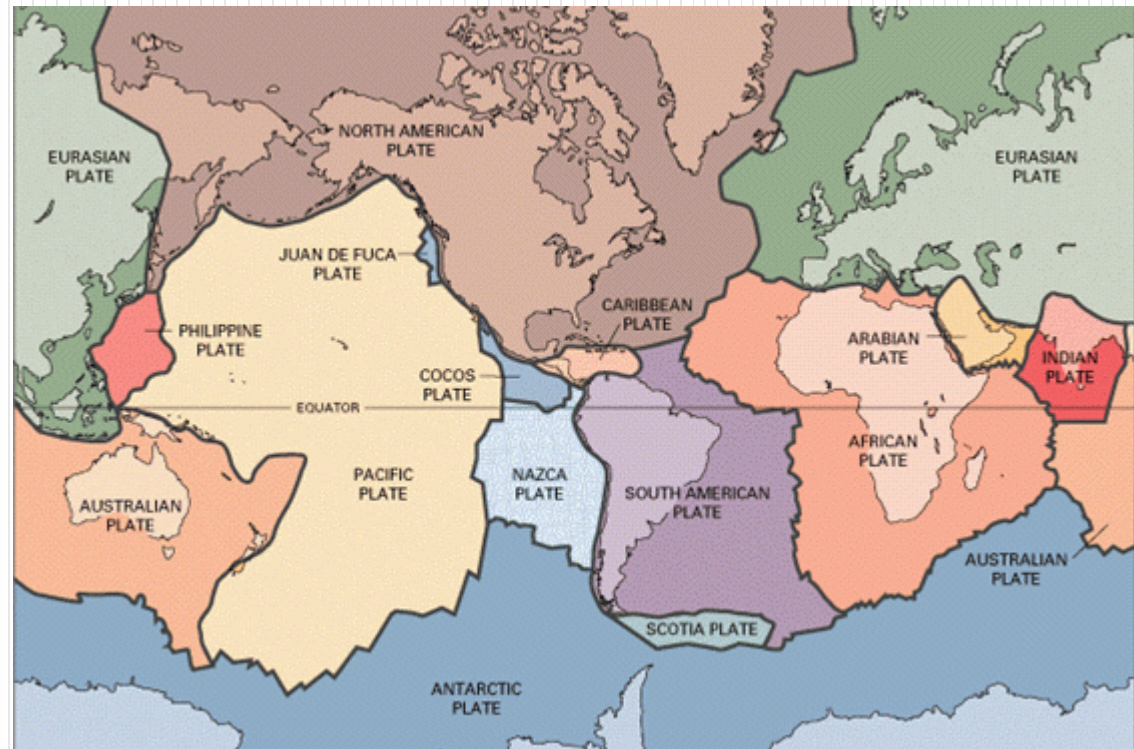
- A Xeoloxía clásica ofrecía explicacións independentes para interpretar procesos coma:
 - A orixe e distribución dos sismos
 - A orixe dos volcáns
 - A formación de cordilleiras
 - Os cambios na distribución de terras e mares
- A **Teoría de Tectónica de Placas** relaciona todos os procesos e inclúelos na dinámica global do planeta. Tamén recibe o nome de **Teoría de Tectónica Global**. Esta teoría pode resumirse nas seguintes **ideas básicas**:
 1. **A litosfera está dividida nun conxunto de fragmentos ríxidos denominados placas**
 2. **Os límites ou marxes das placas litosféricas poden ser de 3 tipos: dorsais, zonas de subducción e fallas transformantes**
 3. **As placas litosféricas desprázanse sobre os materiais plásticos do manto sublitosférico.**
 4. **Os desprazamentos das placas litosféricas son causados pola enerxía térmica do interior axudada pola enerxía gravitacional**
 5. **A litosfera oceánica é renovada continuamente, mentres que a litosfera continental ten un carácter máis permanente**
 6. **Ao longo da historia da Terra cambiou non só a posición das placas litosféricas ou a súa forma e tamaño, senón tamén o número destas.**

Tectónica de placas: unha perspectiva global



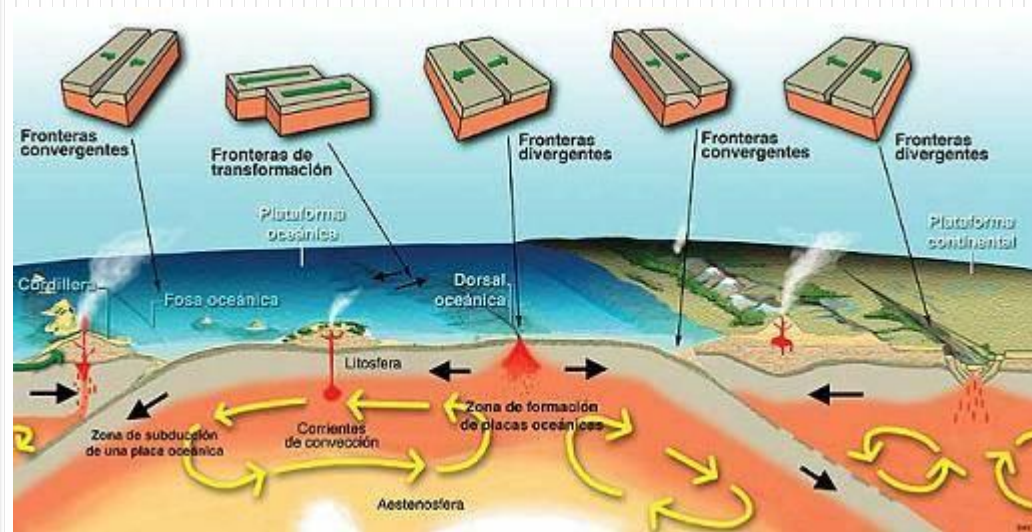
1. A litosfera está dividida nun conxunto de fragmentos ríxidos denominados placas

- As placas son fragmentos de Litosfera cun grosor variable (50 -200 km) e dunha extensión superficial moi variable.
- Se subdividen en:
 - **Placas mixtas:** L.C. + L.O.
 - **Placas oceánicas:** só L.O.
- 7 placas grandes:
 - Euroasiática
 - Africana
 - Indoaustraliana
 - Pacífica
 - Norteamericana
 - Sudamericana
 - Antártica
- E numerosas placas de menor tamaño:
 - Nazca
 - Caribe
 - Cocos
 - Arábica
 - Filipinas
 - ...



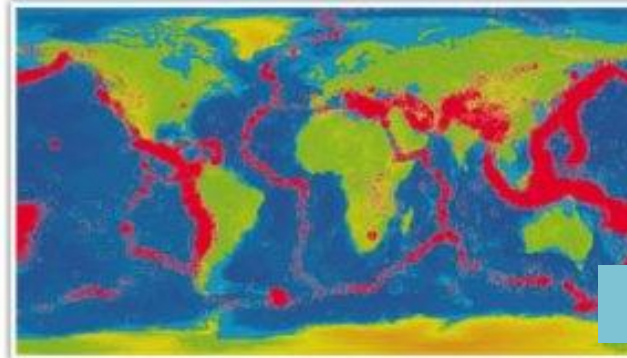
2. Os límites ou marxes das placas litosféricas poden ser de 3 tipos: dorsais, zonas de subducción e fallas transformantes

- Os 3 tipos de límites ou bordos son:
 - Dorsais ou límites diverxentes**, nos que se xera nova L.O.
 - Zonas de subducción ou límites converxentes**, nos que se destrúe L.O.
 - Fallas transformantes ou Límites Conservadores**, nos que nin se crea nin se destrúe L.O. senón que se despraza lateralmente unha placa respecto a outra.

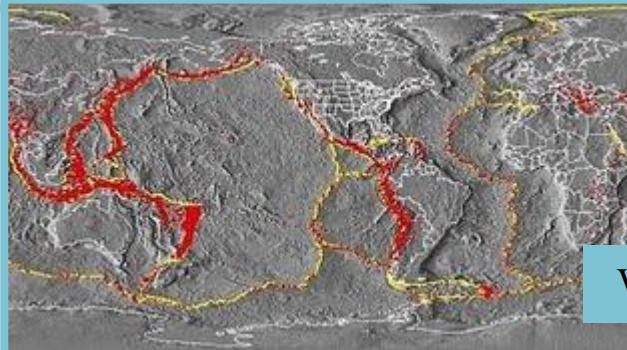


3. As placas litosféricas desprázanse sobre os materiais plásticos do manto sublitosférico

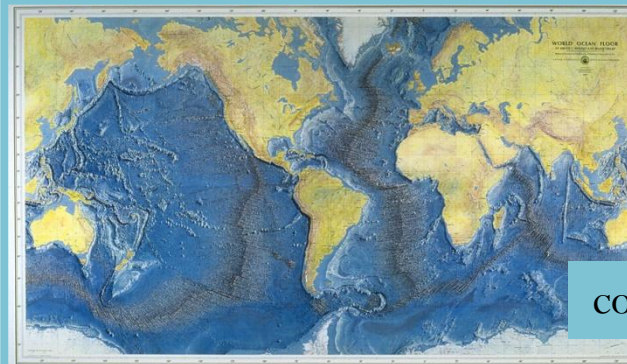
- Os desprazamentos son a velocidade variable, de 1 a 12 cm/ano (segundo as distintas direccións)
- Dado que non existen ocos entre as placas, o movemento de calquera delas afecta tamén ás que a rodean e causan afastamento, aproximacións dos continentes e colisións entre eles.
- Por iso os límites das placas no zonas de maior actividade xeolóxica: terremotos, volcáns e cordilleiras.



sismos



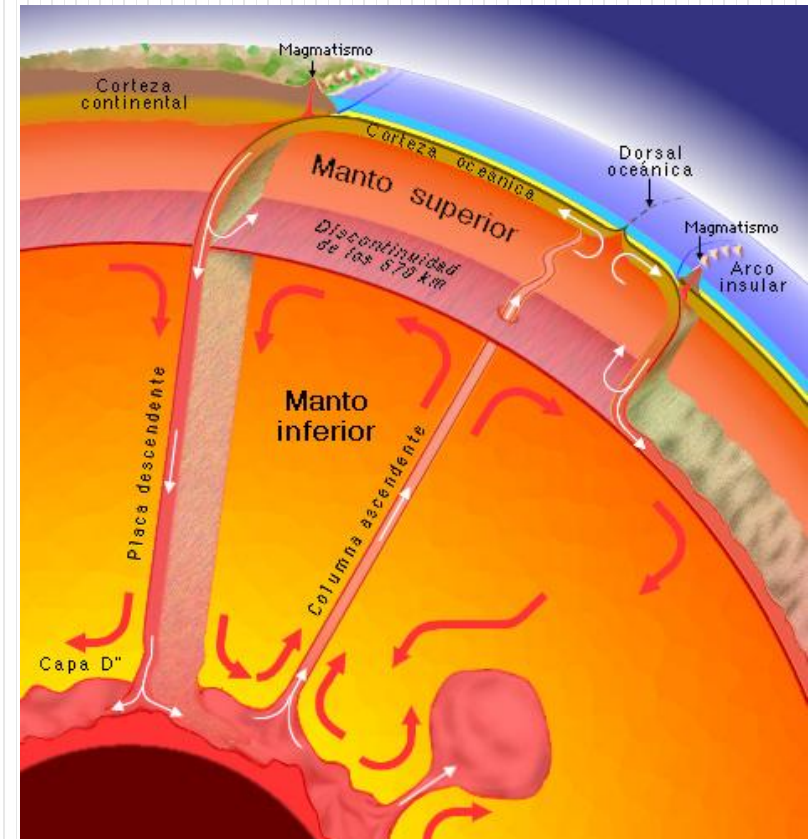
Volcáns



cordilleiras

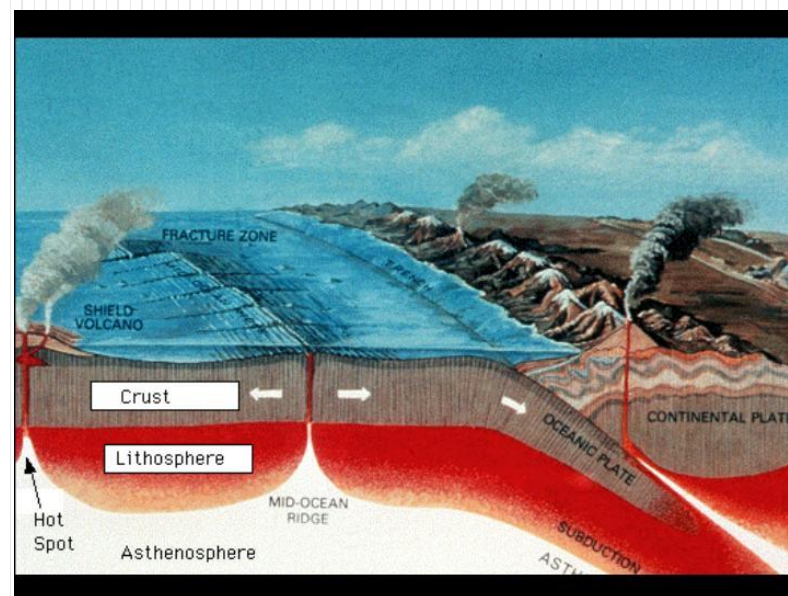
4. Os desprazamentos das placas litosféricas son causados pola enerxía térmica do interior axudada pola enerxía gravitacional

- A **enerxía térmica** está orixinada por:
 - A desintegración dos elementos radioactivos (**enerxía radioactiva**)
 - E a xerada durante a formación do planeta (**enerxía gravitacional ou primordial**)Esta enerxía impulsa as correntes de convección no interior terrestre e condicionan a mobilidade das placas.
- A dinámica que afecta á superficie é o resultado da interacción entre unha litosfera fría e ríxida e un interior axitado térmicamente.



5. A litosfera oceánica é renovada continuamente, mentres que a litosfera continental ten un carácter máis permanente

- A formación de nova litosfera oceánica nas dorsais e a destrución nas zonas de subducción explica que a antigüidade dos fondos marinos é inferior a 180 m.a.
- Na Litosfera continental atopáronse rochas de ata 4.000 m.a.



Animaciones interesantes

- http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tectonanim.htm
- <http://ansatte.uit.no/kku000/webgeology/> ... moitas animacións en concreto as 3 seguintes:
- http://ansatte.uit.no/kku000/webgeology/webgeology_files/english/plate%20tectonics.html
- http://ansatte.uit.no/kku000/webgeology/webgeology_files/english/earthquakes.html
- http://ansatte.uit.no/kku000/webgeology/webgeology_files/english/earthsinterior.html
- <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/MedioNatural1I/contenido3.htm> ...do “proyecto biosfera” do MEC
- <http://www.ieslosremedios.org/~pablo/webpablo/web4eso/2procesosinternos/guiaprososinternos.html> ...hai varias animacións e exercicios interactivos
- <http://www.librosvivos.net/smtc/homeTC.asp?TemaClave=1190>
- <http://nuestrorincondelasciencias.blogspot.com/> ...moitas animacións

Imaxes das WEBs

- http://revistaperu.blogspot.com/2010_03_28_archive.html
- <http://infogeologia.wordpress.com/page/5/>
- <http://elprofedenaturales.wordpress.com/2009/10/>
- http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeov/4a_ESO/02_placas/INDICE.htm
- http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/tectonica_animada/tectonanim.htm
- <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/MedioNaturalII/index.htm#>
- <http://www.educa.madrid.org/web/ies.ginerdelosrios.alcobendas/departamentos/cienciasnaturales/2bach/geolo/bachillerato/paatasbach/pagweb/graved.htm>
- http://www.geologia.com/area_raga/isostasia/isostasia2.html
- <http://enciclopedia.us.es/index.php/Isostasia>
- <http://4esoiesvilladevallecas09-10.blogspot.com/2009/10/isostasia.html>
- <http://s1glosario-geografiafisica.blogspot.com/2009/04/pangea-isostacia-esta-fue-enunciada.html>
- http://www.ufrgs.br/geociencias/cporcher/Atividades%20Didaticas_arquivos/Geo02001/geomorfologia.htm<http://ingenieriasmicaylaconstruccioncivil.blogspot.com/2010/02/la-corteza-de-la-tierra.html>
- <http://theuniverse.herobo.com/Placas%20tectonicas.html>
- <http://www.astroyciencia.com/2007/09/10/la-litosfera/>
- <http://vientosdecumbre.blogspot.com/>
- <http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap07.htm>

Imaxes das WEBs

- <http://www.portalplanetasedna.com.ar/deriva.htm>
- <http://www.ecuadorciencia.org/videos.asp?id=1850>
- <http://www.rau.edu.uy/uruguay/historia/deriva.htm>
- <http://pitbox.wordpress.com/2009/11/09/wegener-pruebas-de-la-deriva-continental/>
- http://www.phoenix.org.br/Phoenix50_Fev03.html
- <http://lorena4act.blogspot.com/>
- <http://riie.com.mx/?a=34952>
- http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222005000100011
- <http://fuentesnuevasctm.blogspot.com/2009/11/pangea-volvera.html>
- <http://temario-historia.nireblog.com/post/2008/11/04/unidad-17-formacion-de-la-peninsula-iberica>
- [http://www.ritmodominicano.com/wiki.php?title=Futuro de la Tierra](http://www.ritmodominicano.com/wiki.php?title=Futuro_de_la_Tierra)
- <http://revmayahuel.blogspot.com/2010/03/terremoto-en-chile-cambio-rotacion.html>
- http://usuarios.multimania.es/jerezrvh/origen_geografico.htm
- <http://www.geociencias.unam.mx/~rmolina/geologia%20fisica/oceanos.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos32/placas-tectonicas/placas-tectonicas.shtml>
- <http://1abvilladevallecas08.blogspot.com/2008/11/mapa-de-fondos-ocenicos.html>
- <http://actpractica.blogspot.com/>
- https://www.e-education.psu.edu/earth520/content/12_p8.html
- <http://membres.multimania.fr/volcanogeol/hawaii/hotspot.htm>

Imaxes das WEBs

- http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/113/htm/sec_9.htm
- <http://www.relia.net/~thedane/oceanography.html>
- <http://cienciamerrestres.lacoctelera.net/> ... moitas referencias de direccións interesantes.